



TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Eric Ramon Bertran Larroya

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau: Estudi de diferents opcions per una instal·lació de panells fotovoltaics en un habitatge unifamiliar a Alpicat

Director/a: Gabriel Zsembinski

Presentació

Mes: Setembre

Any: 2019

Índex

MEMÒRIA.....	5
1. Introducció	5
1.1. Objecte	5
1.2. Antecedents	6
1.3. Emplaçament de la instal·lació.....	7
2. Energies renovables	7
2.1. Introducció	7
2.2. Energia solar fotovoltaica.....	11
2.3. Energia solar fotovoltaica al món.....	13
2.4. Energia solar fotovoltaica a Europa	16
2.5. Energia solar fotovoltaica a Espanya.....	16
3. Normativa d'aplicació.....	19
4. Descripció d'un sistema solar fotovoltaic	21
4.1. Introducció	21
4.2. Panells fotovoltaics	23
4.3. Inversor	24
4.4. Comptador	25
4.5. Estructura de suport.....	25
4.6. Proteccions elèctriques	25
4.6.1. Proteccions elèctriques de corrent continu	26
4.6.2. Proteccions elèctriques de corrent altern.....	26
4.7. Bateries	26
4.8. Grup electrogen	27
5. Consum elèctric de l'habitatge.....	27
5.1. Estudi de les factures	28
6. Disseny general òptim dels panells	29
6.1. Emplaçament dels panells.....	29
6.2. Orientació dels panells	30
6.3. Inclinació dels panells.....	31
6.4. Separació entre panells.....	32
6.5. Estructura de suport.....	33
6.6. Nombre de panells	33

7.	Radiació solar a Alpicat, Lleida	35
8.	Elecció dels aparells de la instal·lació.....	39
8.1.	Elecció dels panells.....	39
8.2.	Elecció de la bateria	39
8.3.	Elecció del generador	40
9.	Producció dels panells.....	40
10.	Estudi de les diferents combinacions d'instal·lacions fotovoltaiques.....	45
10.1.	Instal·lació fotovoltaiica únicament amb panells solars	46
10.1.1.	Instal·lació amb 8 panells	47
10.1.2.	Instal·lació amb 12 panells	50
10.1.3.	Pressupost instal·lació 8 i 12 panells.....	53
10.2.	Instal·lació fotovoltaiica amb panells solars i bateries.....	55
10.2.1.	Instal·lació amb 8 panells + bateria.....	55
10.2.2.	Instal·lació amb 12 panells + bateria.....	58
10.2.3.	Pressupost instal·lació 8 i 12 panells + bateria.....	60
10.3.	Instal·lació fotovoltaiica amb panells, bateries i generador	62
10.3.1.	Instal·lació amb 12 panells + bateries + generador	62
10.3.2.	Pressupost instal·lació 12 panells + bateria + generador.....	65
10.4.	Comparació dels diferents tipus d'instal·lacions.....	67
11.	Conclusions i futures perspectives.....	69
	PLÀNOLS	70
1.	Ubicació de la instal·lació	70
2.	Ubicació dels panells	71
3.	Orientació dels panells i amidaments de la coberta	72
4.	Distribució i amidaments dels 8 i 12 panells.....	73
5.	Estructura + grapes de les distribucions escollides	74
6.	Disseny final pels 8 i 12 panells	75
	WEBGRAFIA.....	76
	ANNEXOS.....	77
	Annex I. Factura elèctrica.....	77
	Annex II. Panells fotovoltaiics	80
	Annex III. Inversor	82
	Annex IV. Bateries	84
	Annex V. Generador	85

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1: Vista en planta de la ubicació de la instal·lació.	7
Il·lustració 2: D'esquerra a dreta: cèl·lules monocristal·lines i cèl·lules policristal·lines. FONT. ca.solar-energia.	12
Il·lustració 3: Xarxa de connexió d'una instal·lació fotovoltaica. FONT. TERSA.	22
Il·lustració 4: Aparells d'una instal·lació fotovoltaica amb bateries. FONT. Aeroman Energia... ..	22
Il·lustració 5: Capes d'un panell solar. FONT. As solar.	23
Il·lustració 6: Estructura coplanar (esquerra) i estructura inclinada (dreta).....	25
Il·lustració 7: Vista en planta de l'orientació de les cobertes que més s'aproximen a sud. Coberta superior (esquerra) i coberta inferior (dreta).	30
Il·lustració 8: Desviació de la coberta superior respecte l'orientació sud.	31
Il·lustració 9: Trajectòria del sol d'hivern (esquerra) i estiu (dreta). FONT. Pedrojhernandez. ...	31
Il·lustració 10: Disposició dels 12 panells en horitzontal (esquerra) i en vertical (dreta).	34
Il·lustració 11: Disposició dels 8 panells en horitzontal (esquerra) i en vertical (dreta).	34
Il·lustració 12: Mapa geogràfic Insolació anual. FONT. Institut geogràfic nacional.	36
Il·lustració 13: Mapa irradiació global a Alpocat. FONT. Accés a dades de la radiació solar a Espanya (ADRASE).	36

Índex de gràfics

Gràfic 2.1: Font de generació energètica a Espanya, març 2018. FONT. AVVE	8
Gràfic 2.2: Evolució de la generació d'energia renovable a Espanya, 2008-2017. FONT. Xarxa elèctrica d'Espanya (REE).	8
Gràfic 2.3: Comparativa dels càrrecs del sistema per l'energia consumida a xarxa amb autoconsum i sense autoconsum. FONT. UNEF	10
Gràfic 2.4: Evolució de l'eficiència de les cèl·lules de diferents tecnologies. FONT. National Renewable Energy Laboratory, EEUU	13
Gràfic 2.5: Potència fotovoltaica acumulada al món [GW], 2017.FONT. UNEF	14
Gràfic 2.6: Evolució anual i acumulada de la instal·lació de potència fotovoltaica, 2017.FONT. AIE	15
Gràfic 2.7: Potència fotovoltaica acumulada a Europa, 2018.FONT. Solar Power Europe.	16
Gràfic 2.8: Potència solar fotovoltaica instal·lada acumulada a Espanya, 2006-2017. FONT. UNEF.....	17
Gràfic 2.9: Potència solar fotovoltaica instal·lada anualment a Espanya, 2007-2017. FONT. UNEF.....	18
Gràfic 2.10: Potència fotovoltaica instal·lada [MW] per comunitat autònoma, 2017. FONT. UNEF.....	19

Gràfic 5.1: Preu aproximat de cada hora durant l'any 2015. FONT. Ocu.....	29
Gràfic 6.1: Òptim segons l'època de l'any, inclinació i latitud a Espanya. FONT. Atersa.	32
Gràfic 7.1: Dades mensuals de la radiació a Alpícat. FONT. Accés a dades de la radiació solar a Espanya (ADRASE).	37
11.1: Producció mitjana mensual de 8 panells per hora [Wh].....	43
11.2: Producció mitjana mensual de 12 panells per hora [Wh].....	44

Índex de taules

Taula 1: Consum mitjà mensual de l'habitatge per hora [Wh]	28
Taula 2: Hores de sol anuals mitges (2011-2015) i hores de sol mensuals mitges (2015) a Lleida. FONT. Institut Nacional d'Estadística (INE).	35
Taula 3: Irradiació mitjana mensual per hores [Wh/m ²]	38
Taula 4: Dades bàsiques de la instal·lació	41
Taula 5: Coeficient de rendiment resultant degut a les pèrdues de la instal·lació.....	41
Taula 6: Producció mitjana mensual de 8 panells per hora [Wh]	42
Taula 7: Producció mitjana mensual de 12 panells per hora [Wh]	44
Taula 8: Energia consumida menys energia produïda per 8 panells.....	48
Taula 9: Estudi econòmic considerant injecció 0.	49
Taula 10: Estudi econòmic considerant la venda d'excedents.....	50
Taula 11: Energia consumida menys energia produïda per 12 panells.	51
Taula 12: Estudi econòmic considerant injecció 0.	52
Taula 13: Estudi econòmic considerant la venda d'excedents.....	53
Taula 14: Pressupost per 8 i 12 panells.....	54
Taula 15: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 8 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".	56
Taula 16: Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0.....	57
Taula 17: Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents.	58
Taula 18: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".	59
Taula 19: Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0.....	60
Taula 20: Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents.	60
Taula 21: Pressupost de 8 i 12 panells + bateria.....	61
Taula 22: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".	63
Taula 23: Estudi econòmic amb bateria i generador considerant injecció 0.	64
Taula 24: Estudi econòmic amb bateria i generador considerant la venda d'excedents.	65
Taula 25: Pressupost 12 panells + bateria + generador.	66
Taula 26: Comparació dels diferents tipus d'instal·lacions.	67

MEMÒRIA

1. Introducció

1.1. Objecte

A l'hora de realitzar una instal·lació de panells fotovoltaics per autoconsum hi ha molts factors a tenir en compte, com ara la inclinació, el clima, l'orientació... Així com també hi ha diferents combinacions d'aparells que poden fer variar de manera significativa l'energia produïda i emmagatzemada, augmentant o disminuint el rendiment de la instal·lació.

L'objectiu d'aquest projecte és realitzar un estudi per trobar el disseny òptim d'una instal·lació de panells fotovoltaics a casa meua. Per fer-ho, estudiaré i compararé les següents combinacions d'aparells:

- 1- Instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa amb panells solars.
- 2- Instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa amb panells solars i bateries.
- 3- Instal·lació fotovoltaica desconnectada de xarxa amb panells solars, bateries i generador.

Atès que no es sap com variarà la normativa els següents anys, s'estudiarà la normativa actual, però tot i així, en totes les opcions es considerarà la possibilitat d'injectar o no injectar a xarxa, l'energia sobrant de la instal·lació produïda pels panells. Considerant que si injectem a xarxa és perquè a final de mes l'empresa subministradora de la xarxa elèctrica ens pagarà l'energia sobrant encara que sigui a un preu més baix.

A més, es tindrà en compte els factors més determinants a l'hora d'instal·lar els panells i diferents quantitats i tipologies dels mateixos.

En l'estudi es parteix del consum elèctric anual de l'habitatge, extret directament de les factures elèctriques, i una vegada analitzat s'aconsegueix una aproximació de la superfície de panells necessaris. Per poder valorar diferents opcions, les instal·lacions es realitzaran amb dues quantitats diferents de panells.

La finalitat del projecte és arribar a trobar una instal·lació òptima tant en el sentit energètic com en l'econòmic. Per això, es tindrà en compte la quantitat d'energia que es genera mensualment, la que s'arriba a consumir i l'energia sobrant en cas que n'hi hagi. Pel que fa a

l'estudi econòmic es calcularà i compararà l'estalvi mensual generat per la instal·lació fotovoltaica, el retorn de la inversió i el benefici o les pèrdues tenint en compte la vida útil de la instal·lació.

1.2. Antecedents

El projecte que es presenta a continuació té com a finalitat trobar quin tipus d'instal·lació fotovoltaica per autoconsum és la més òptima per un habitatge unifamiliar.

S'engloba dins del context de reducció de gasos contaminants i d'una major sensibilització mediambiental.

L'aprofitament de l'energia generada repercuteix directament als propietaris de la mateixa, beneficiant-se de l'estalvi econòmic resultant i col·laborant al mateix temps en la generació d'energies renovables.

Actualment es disposa de terra radiant per poder escalfar l'habitatge. Tant l'aigua calenta sanitària (ACS) com la que circula pel terra radiant s'escalfa mitjançant una caldera de gasoil. No es descarta la substitució o combinació d'un termo elèctric amb la caldera actual per disminuir el consum de gasoil i així poder treure més rendiment de l'energia produïda pels panells, afavorint i col·laborant en el medi disminuint el consum d'una energia no renovable com és el gasoil i augmentant l'autoconsum.

Pel que fa a tots els altres aparells, aquests funcionen amb l'electricitat subministrada per Endesa, l'empresa distribuïdora de la zona i també la comercialitzadora.

L'impacte ambiental, produït per les fonts energètiques utilitzades per la generació de dita electricitat, es qualifica en una escala de la lletra "A" a la "G", essent la "A" el mínim impacte ambiental, la "G" el màxim i la "D" el valor mig nacional. En el cas de l'habitatge a estudiar, l'impacte ambiental està qualificat amb la lletra "F", que és pràcticament el màxim.

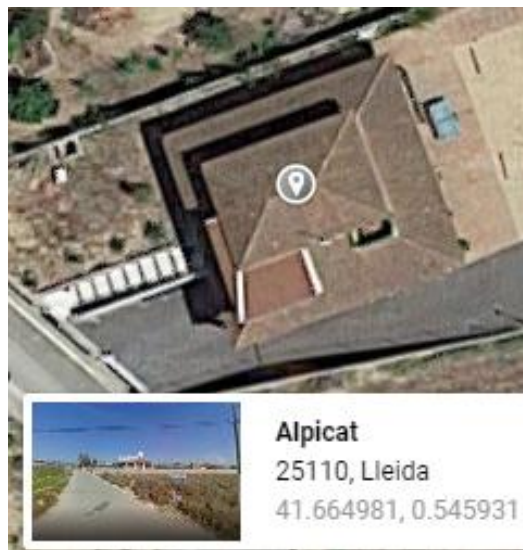
En aquest cas també es reduirà l'energia subministrada per la xarxa atès que s'aprofitarà al màxim l'energia autoproduïda pels panells fotovoltaics; una energia verda i renovable. Disminuint així el consum d'una energia elèctrica provinent de diferents fonts, la major part no renovables i molt contaminants.

1.3. Emplaçament de la instal·lació

La instal·lació fotovoltaica es situa a la cara sud de la coberta de l'habitatge unifamiliar ubicat a Alpicat (Lleida) al carrer els Àngels nº4 amb codi postal 25110.

El sòl està classificat com a urbà i el seu ús és residencial i la vista en planta es pot veure en la il·lustració 1.

Les coordenades geogràfiques són: 41.664964, 0.545930 = 41°39'53.9"N 0°32'45.4"E



Il·lustració 1: Vista en planta de la ubicació de la instal·lació.

2. Energies renovables

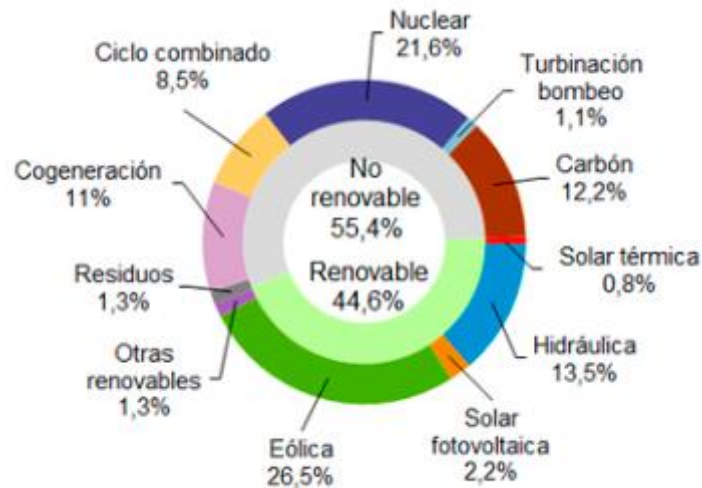
2.1. Introducció

Les energies renovables són totes aquelles generades a partir de recursos naturals que no s'exhaureixen a escala humana encara que es facin servir de forma constant, com poden ser la llum solar, el vent, la pluja i les marees, entre d'altres.

Moltes fonts d'energia renovable depenen de la geografia i del clima, de manera que no es poden fer instal·lacions de qualsevol tipus a qualsevol indret.

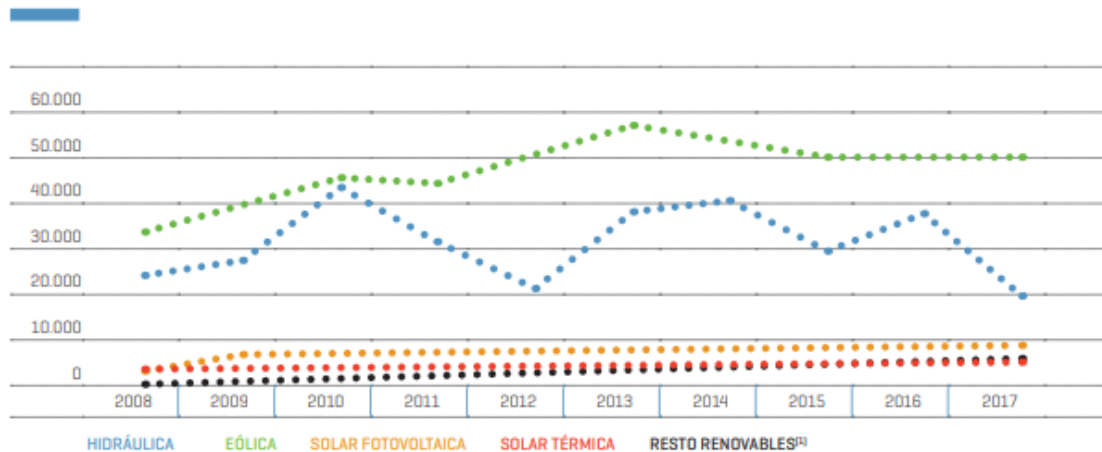
Actualment a Espanya, segons el *gràfic 2.1*, gairebé un 45% de l'energia produïda es genera per les energies renovables, de les quals l'eòlica és la més abundant amb un 26,5% de producció, seguida de la hidràulica amb un 13,5%.

Pel que fa a l'energia solar fotovoltaica, que és en la que ens centrarem en aquest projecte, representa tant sols un 2,2%, tot i ser dels països on hi ha més hores de radiació solar durant l'any.



Gràfic 2.1: Font de generació energètica a Espanya, març 2018. FONT. AVVE

Evolución de la generación de energía renovable. Sistema eléctrico nacional [GWh]



Gràfic 2.2: Evolució de la generació d'energia renovable a Espanya, 2008-2017. FONT. Xarxa elèctrica d'Espanya (REE).

Tal i com es pot veure en el gràfic 2.2, l'energia eòlica s'ha constituït com la principal font renovable en l'economia espanyola des del 2008 fins l'actualitat, seguida de la hidràulica amb un descens força important l'any 2017 degut a la sequera.

Pel que fa a l'energia solar fotovoltaica és molt baixa i pràcticament no ha augmentat durant els últims anys, un dels motius principals pot ser degut al Real Decret 900/2015 del 9 d'octubre de 2015, el nomenat impost al sol que se'n fa un resum a continuació.

L'impost al sol es divideix en dos tipus d'autoconsumidors:

1- Autoconsumidor que no està donat d'alta al Departament d'Indústria de Registre Administratiu d'Instal·lacions de Producció en Règim Especial (RAIPRE):

- S'ha de registrar en el Registre Administratiu d'Autoconsum.
- La potència màxima de la instal·lació serà la potència contractada amb la companyia elèctrica al punt de subministrament. Amb un màxim de 100 kW.
- La instal·lació d'autoconsum i del contracte amb la companyia elèctrica de subministrament han de tenir el mateix titular.
- S'ha de demanar l'estudi de connexió a la companyia elèctrica i abonar-lo, segons el procediment del RD 1699/2011. Estan exempts d'abonar-lo (no de sol·licitar-lo) aquells amb una potència contractada menor que 10 kW amb injecció 0.
- Càrrecs per autoconsum (impost al sol): Càrrec per potència (si compta amb bateries) + Càrrec per energia (si no està exempt per les excepcions que veurem més endavant).

2- Autoconsumidor donat d'alta al RAIPRE:

- S'ha de registrar en el Registre Administratiu d'Autoconsum, a més del RAIPRE.
- La potència màxima de la instal·lació serà la potència d'autoconsum i del contracte de la companyia elèctrica del subministrament. Sense màxim.
- La instal·lació d'autoconsum i del contracte amb la companyia elèctrica de subministrament poden tenir diferent titular.
- Es permet la venda d'excedents, que s'abonaran al preu pool, però s'haurà d'assumir que, a més del peatge a la generació (0,5 €/MWh), hi ha un altre impost del 7% sobre la producció.
- El procediment de connexió i accés serà establert al RD 1699/2011 o, en el cas d'instal·lacions amb una potència >100 kW serà el RD 1955/2000. L'estudi de connexió ha de ser assumit pel titular de la instal·lació.
- El titular haurà de subscriure un contracte d'accés pels seus serveis auxiliars de producció.
- Càrrecs per autoconsum (impost al sol): Càrrec per potència (si compta amb bateries) + Càrrec per energia (si no està exempt per les excepcions que veurem més endavant).

Sigui quin sigui el tipus d'autoconsumidor, estan prohibides les instal·lacions comunitàries.

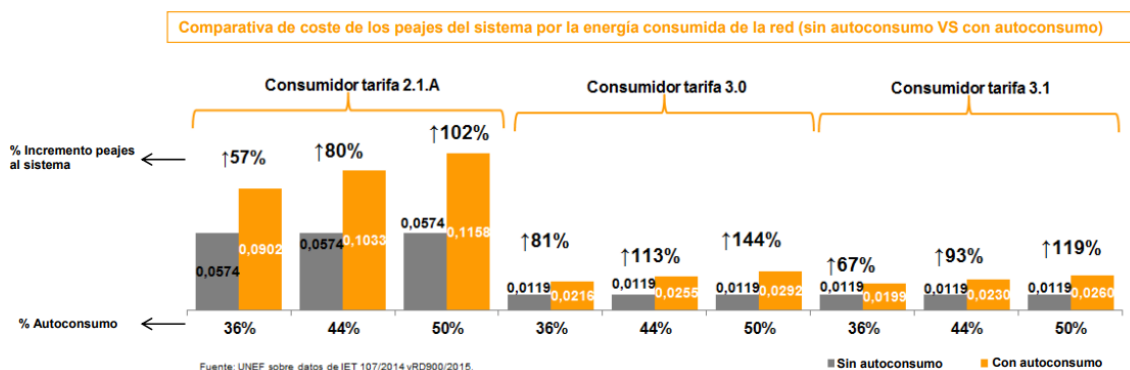
Els diferents tipus de càrrecs que hi pot haver es presenten a continuació:

- Càrrec per la potència instal·lada (€/KW any): s'aplica si la instal·lació compta amb bateries que permetin reduir la potència contractada amb la companyia elèctrica o si el consum pic supera la potència contractada amb la companyia elèctrica. Aquest càrrec es paga per la fracció d'hores en les que hi hagi autoconsum.
- Càrrec per l'energia consumida (€/KWh): està compost pels peatges d'accés menys les pèrdues en xarxa més els serveis d'ajustament (pagaments per capacitat i serveis d'ajustament, interrompibilitat i retribucions a l'operador del mercat i del sistema).

S'exclou d'aquests càrrecs:

- ✓ Instal·lacions de Potència ≤ 10 kW.
- ✓ Instal·lacions ubicades a les illes Canàries, Ceuta i Melilla.
- ✓ Instal·lacions de cogeneració i frenat de trens fins al 2020.
- ✓ S'estableix un càrrec reduït a Mallorca i Menorca.

Aquests càrrecs impliquen pels consumidors que l'hagin d'abonar, pagar més peatges pel manteniment del sistema que la resta de consumidors tot i ser els que menys l'utilitzen. Com més gran sigui el percentatge d'autoconsum sobre el consum total, més es pagaran els kWh importats a la xarxa, en el gràfic 2.3 se'n pot veure la comparació.



Gràfic 2.3: Comparativa dels càrrecs del sistema per l'energia consumida a xarxa amb autoconsum i sense autoconsum. FONT. UNEF

Si s'està completament desconnectat de xarxa no s'ha de pagar cap impost referent als de l'energia elèctrica convencional que paga qualsevol consumidor ni tampoc l'impost al sol.

A les petites instal·lacions (de fins una potència de 10 kW) com es el cas de l'habitatge present en aquest estudi, s'estableix unes condicions especials: el primer càrrec per la potència instal·lada es manté i, per tant, s'ha de pagar si compleix les condicions explicades

anteriorment però, pel que fa al segon càrrec per l'energia consumida queda eliminat, és a dir, exempt de pagament.

A més a més, consta d'unes sancions desproporcionades:

- Els autoconsumidors disposen de 6 mesos per adaptar-se a la normativa i formalitzar el seu registre.
- S'aplica de forma retroactiva; totes les instal·lacions ja legalitzades que ara no s'ajustin a la norma, passen a ser il·legals.
- Es manté l'amenaça de fins a 60 M€ per qui no compleixi les noves condicions i la possibilitat que un inspector entri en la teva propietat sense ordre judicial.

Com a conclusió, es pot afirmar que el Real Decret 900/2015 del 9 d'octubre de 2015 suposa un fre a l'autoconsum i no pas el seu foment, tal i com hauria de ser segons marca la Comissió Europea. Actualment aquesta norma ha estat derogada pel Real Decret 244/2019 del 5 d'abril, i per tant no està vigent.

2.2. Energia solar fotovoltaica

L'energia solar fotovoltaica és una font d'energia neta i renovable, que permet la transformació directa de la radiació solar a l'electricitat mitjançant un dispositiu semiconductor, normalment de silici.

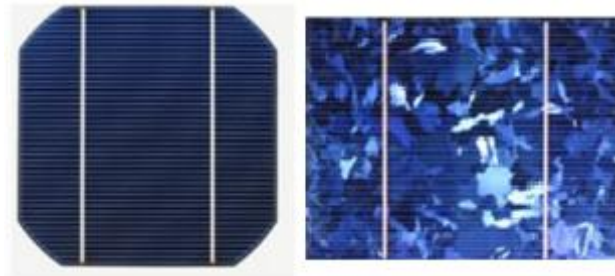
Els panells fotovoltaics estan recoberts d'un vidre transparent que deixa passar la radiació solar i minimitza les pèrdues. La mateixa radiació solar excita els electrons del dispositiu semiconductor generant una petita diferència de potencial.

Agrupant conjunts de cèl·lules s'obtenen els panells per la seva posterior integració als sistemes fotovoltaics. Connectant aquests sistemes adequadament, ja sigui en sèrie o en paral·lel, s'obté la capacitat de producció determinada. La connexió en sèrie permet obtenir diferències de potencials majors.

Els panells tenen una vida útil de 30 anys i, el seu rendiment després dels 25 anys, està per sobre del 80% respecte l'inicial. Tot i així, s'està treballant per millorar aquesta eficiència.

Les principals cèl·lules utilitzades en aquest àmbit són les basades en la tecnologia del silici (Si); les monocristal·lines i les policristal·lines.

- Cèl·lules solars monocristal·lines: són cèl·lules formades amb un mateix tipus de cristall, la gran majoria de silici pur. Presenten una forma quadrada, amb les cantonades arrodonides. Són les que tenen un rendiment més alt, del voltant del 22%, superior a les policristal·lines. Són útils per a aplicacions on les principals consideracions són limitacions de pes o àrea disponible.
- Cèl·lules solars policristal·lines: estan fetes de silici on també hi ha diferents tipus d'impureses, les quals disminueixen el seu rendiment, que oscil·la entre el 14% i el 18%. El silici es deixa solidificar lentament donant lloc a un sòlid rectangular amb molts vidres. Tot i així, disposen d'un rendiment força elevat, motiu pel qual tenen una forta implantació, a més de tenir un cost econòmic inferior.

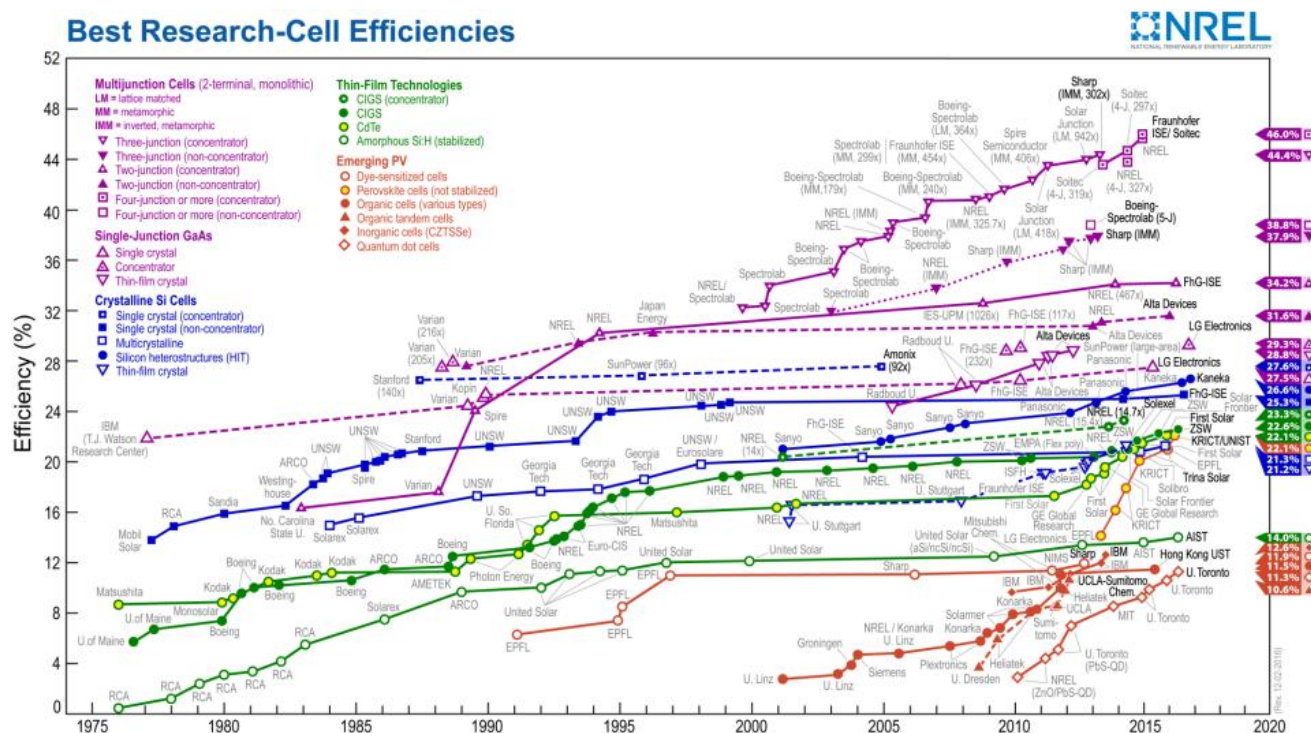


Il·lustració 2: D'esquerra a dreta: cèl·lules monocristal·lines i cèl·lules policristal·lines. FONT. ca.solar-energia.

Hi ha d'altres tipus de cèl·lules menys utilitzades que combinen el silici amb d'altres estructures o diferents materials semiconductors, fet que permet aconseguir panells més versàtils i amb una capa més fina, fins i tot es poden arribar a adaptar en superfícies irregulars. A continuació se'n presenta alguns exemples.

- Cèl·lules solars amorfes: són les més econòmiques, les de menys durabilitat i tenen el rendiment més baix, del voltant del 6%. No s'utilitzen per panells fotovoltaics ja que l'energia que produeixen és molt baixa, es poden utilitzar per calculadores i petites màquines similars.
- Arsenur de gal·li (GaAs): és un compost de gal·li i arsènic, s'utilitza per circuits integrats a freqüències de microones, díodes d'emissió infraroja, díodes làser i en les cèl·lules fotovoltaïques. El seu rendiment es força elevat podent arribar fins al 20%.

- Tel·lur de cadmi (CdTe): és un compost format per cadmi i tel·lur. S'utilitza com a finestra òptica d'infrarojos i com a material en les cèl·lules fotovoltaïques. El rendiment està sobre el 9%.



Gràfic 2.4: Evolució de l'eficiència de les cèl·lules de diferents tecnologies. FONT. National Renewable Energy Laboratory, EEUU

En el gràfic 2.4 es pot veure que sigui quin sigui el tipus de cel·la, la seva eficiència augmenta amb el temps. Ara per ara la gran majoria dels rendiments són bastant baixos però, en un futur es pot arribar a eficiències més elevades que faran que aquesta tecnologia encara sigui més competitiva.

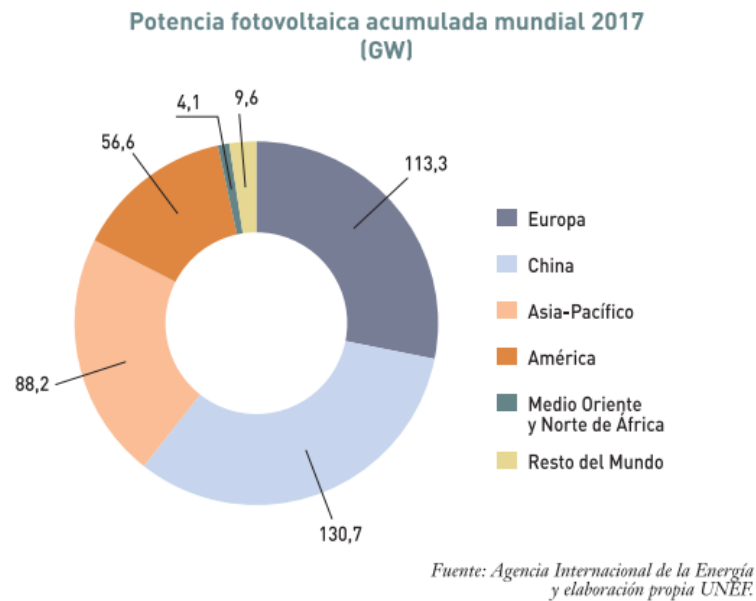
2.3. Energia solar fotovoltaica al món

La contribució de l'energia fotovoltaica suposa prop del 2,6% de la demanda d'electricitat mundial.

Els països que van instal·lar més fotovoltaïques l'any 2017 van ser China (53,1 GW), Estats Units (10,6GW), Índia (9,1 GW) i Japó (7 GW).

A finals de 2018, l'energia solar fotovoltaica instal·lada al món arribava als 500 GW, dels quals gairebé 100 GW es van instal·lar aquest mateix any.

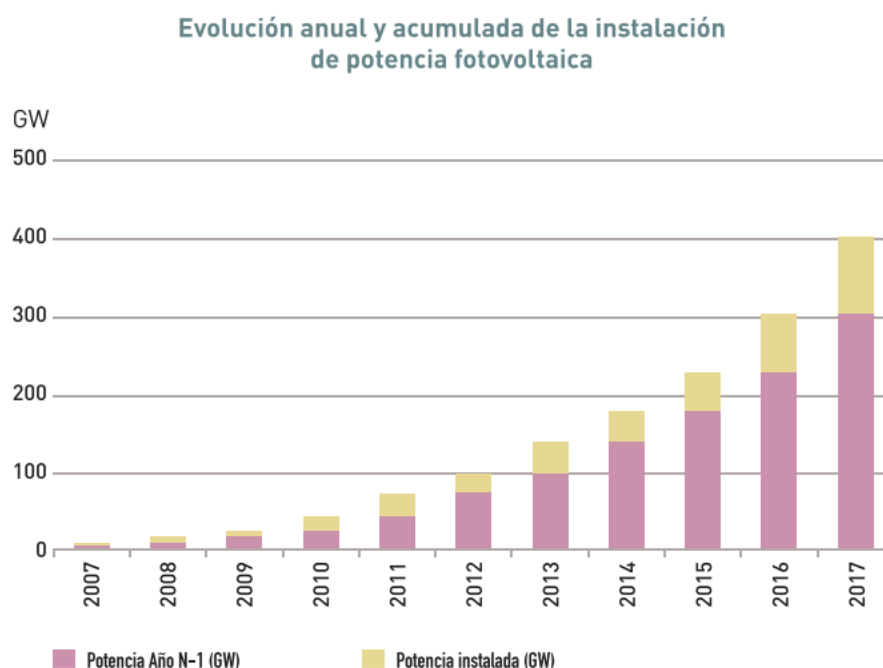
En els pròxims anys, es convertirà en una font important d'electricitat a un ritme extremadament ràpid. Els principals motius d'aquest creixement són la capacitat de cobrir la majoria dels segments del mercat, des dels sistemes individuals molt petits per la electrificació rural fins les centrals elèctriques de mida considerable, avui dia de més d'1 GWp. A més de la disminució dels preus de les bateries i la ràpida adopció dels vehicles elèctrics.



Gràfic 2.5: Potència fotovoltaica acumulada al món [GW], 2017.FONT. UNEF

La primera posició de potència fotovoltaica acumulada al món la té Xina, seguida d'Europa i Àsia, tal i com es pot veure al *gràfic 2.5*.

“*La resta de món*” representa aquella potència instal·lada addicional corresponent a països que no informen a l'Agència Internacional de l'Energia (AIE), així com instal·lacions aïllades de la xarxa, etc.



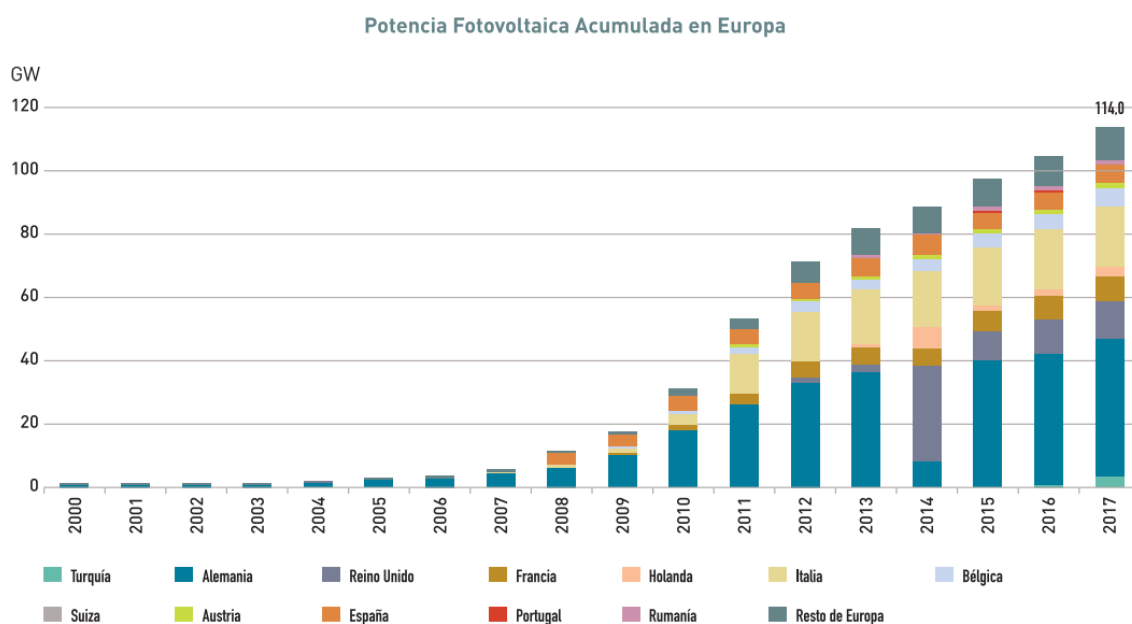
Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE) y elaboración propia, 2017.

Gràfic 2.6: Evolució anual i acumulada de la instal·lació de potència fotovoltaica, 2017.FONT. AIE

En el gràfic 2.6 es pot veure que el creixement del sector fotovoltaic a nivell mundial el 2017 va ser més d'un 30% superior que al 2016. S'espera que en els següents anys es continuï amb aquest creixement sostingut i sostenible gràcies al finançament de marcats ja consolidats que segueixin apostant per un canvi en el model energètic.

A més, cal remarcar les oportunitats de mercats emergents que necessiten una progressiva electrificació dels seus sistemes per poder atendre tant a les indústries com a les comunitats, sense oblidar-nos també de les grans regions amb problemes de contaminació ambiental que necessiten descarbonitzar la seva economia.

2.4. Energia solar fotovoltaica a Europa



Gràfic 2.7: Potència fotovoltaica acumulada a Europa, 2018. FONT. Solar Power Europe.

Analitzant el gràfic 2.7 referent a Europa, Alemanya és el país líder per potència fotovoltaica instal·lada, seguida d'Itàlia. Tant sols aquests dos països operen amb més de la meitat de la potència total de generació. Regne Unit, França i Espanya els segueixen en tercera, quarta i cinquena posició, respectivament.

Al 2017 es va experimentar un creixement del 30% principalment degut al desenvolupament fotovoltaic a Turquia.

2.5. Energia solar fotovoltaica a Espanya

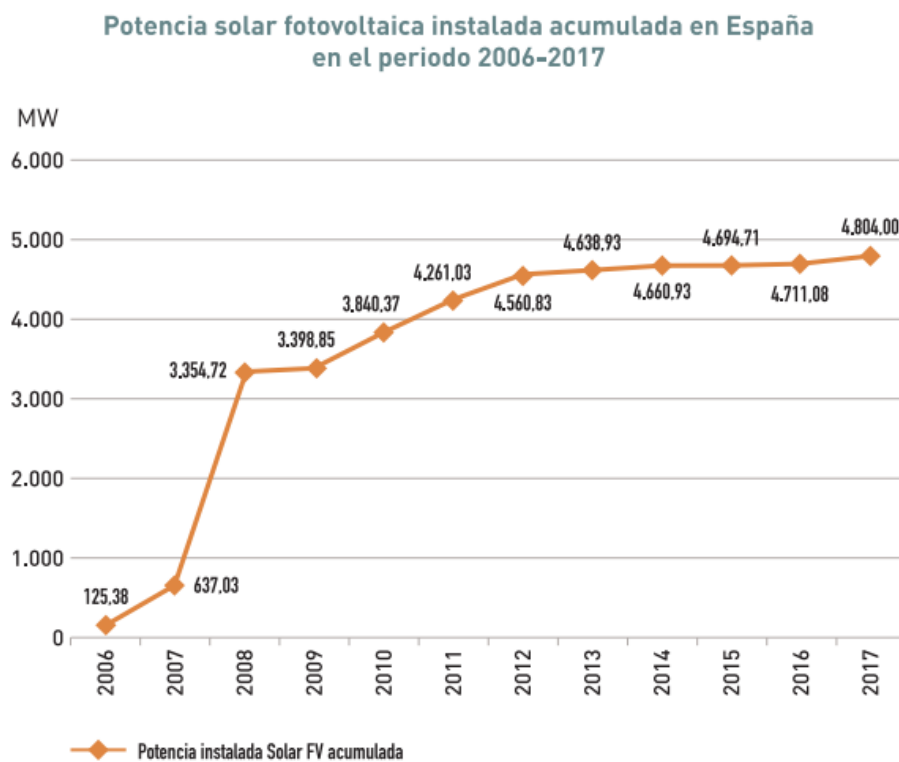
Primerament es fa un resum de la normativa solar vigent per saber on estem a hores d'ara.

El dia 5 d'abril de 2019 s'aprova el Real Decret 244/2019, el qual realitza modificacions importants en el sector amb la finalitat que tant els consumidors com els productors puguin beneficiar-se dels principals avantatges que comporta l'energia solar: menor necessitat de xarxa, major independència energètica i menors emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Les característiques principals del Real Decret 244/2019 són:

1. Simplificació administrativa.

2. Autoconsum col·lectiu (comunitats de veïns, polígons industrials etc.), en el que es permet compartir l'energia elèctrica provinent d'instal·lacions de generació pròximes a les de consum i associades a les mateixes.
3. Es realitza una nova definició de les modalitats d'autoconsum, reduint-les a dos:
 - Autoconsum sense excedents: en cap moment es pot realitzar abocaments d'energia a la xarxa.
 - Autoconsum amb excedents: es pot realitzar abocaments a la xarxa de distribució i transport.
4. S'eximeix a les instal·lacions d'autoconsum sense excedents, en les que el consumidor associat ja disposi de permís d'accés i connexió pel consum, de la necessitat d'obtenció de permisos d'accés i connexió de les instal·lacions de generació.
5. Balanç net en l'autoconsum amb excedents (compensació de la energia produïda i no consumida). En instal·lacions de fins a 100 kW i en el període de 1 mes.

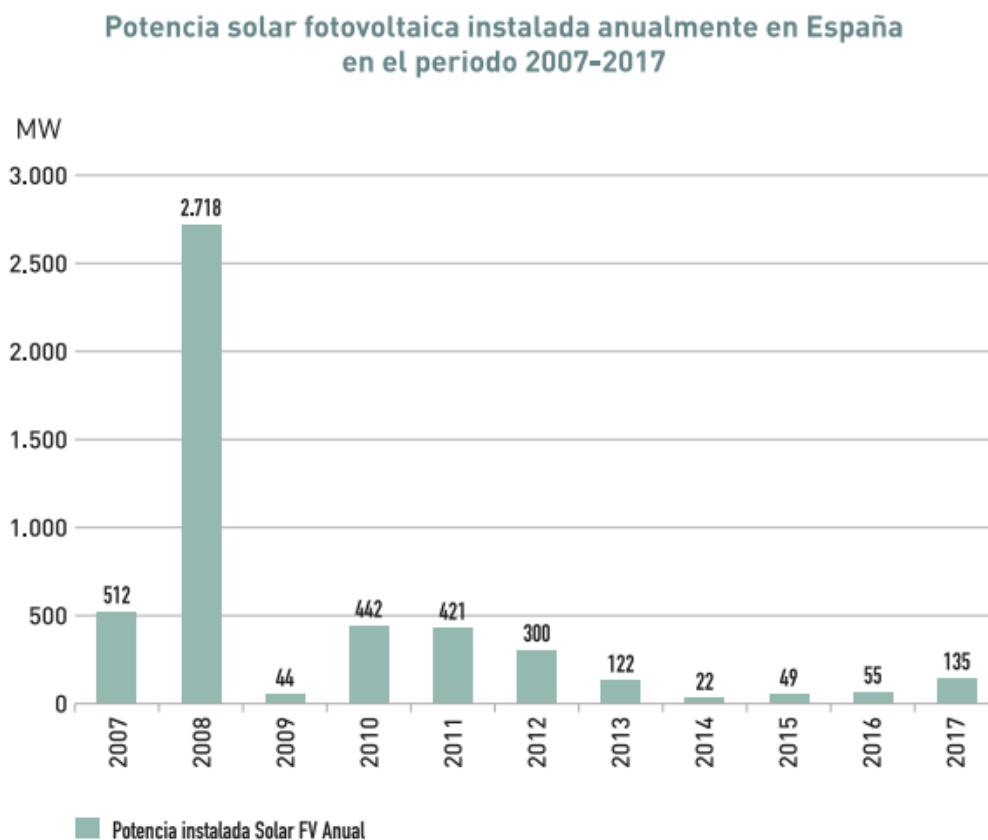


Fuente: Datos de Red Eléctrica de España y elaboración propia UNEF.

Gràfic 2.8: Potència solar fotovoltaica instal·lada acumulada a Espanya, 2006-2017. FONT. UNEF.

En el gràfic 2.8 es pot veure que els anys 2006, 2007 i 2008 va haver un augment força important en la potència solar fotovoltaica instal·lada. Però, tot i ser Espanya un dels països amb més hores de sol a tota Europa, des del 2012 fins al 2017 tant sols es va mantenir. Podria ser degut a la crisi econòmica espanyola (2008-2014) juntament amb el impost al sol que va entrar en vigor el 2015.

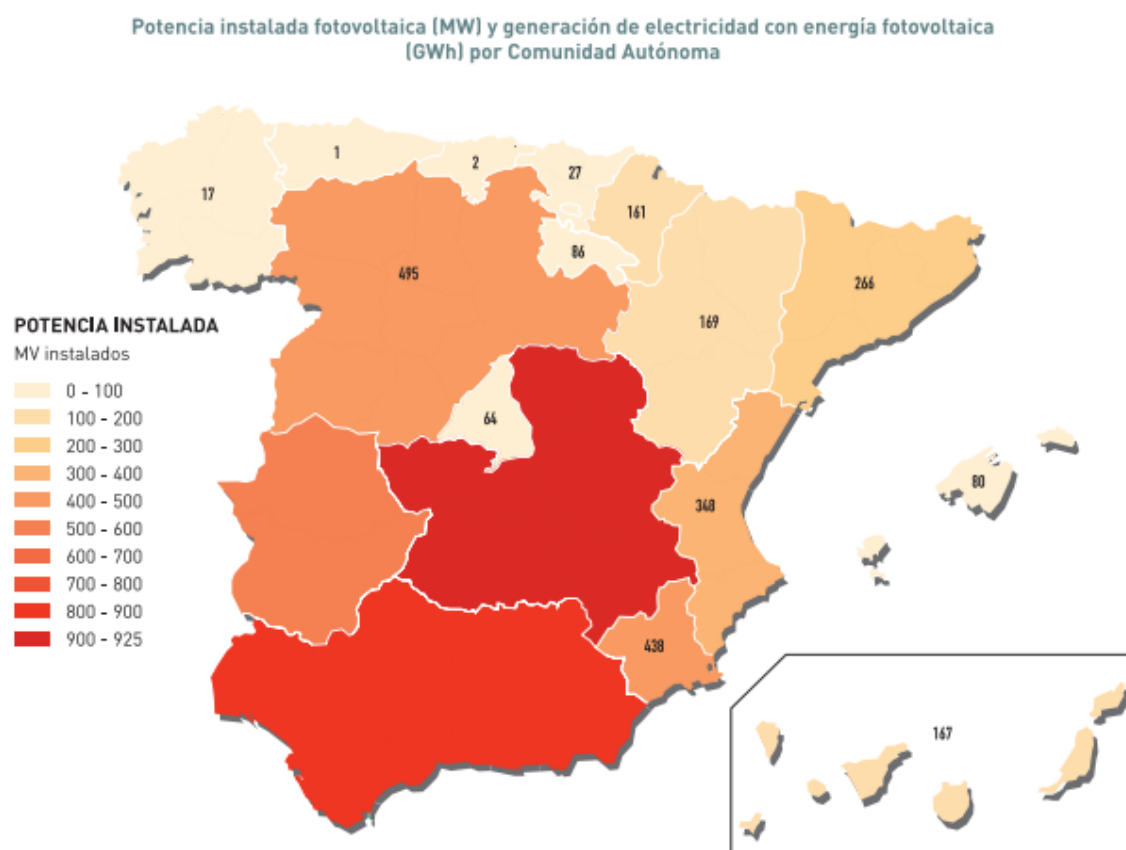
Actualment, amb el Real Decret 244/2019 del 5 d'abril de 2019, mencionat anteriorment, les instal·lacions de panells fotovoltaics estan augmentant significativament.



Fuente: Datos de Red Eléctrica de España y elaboración propia UNEF.

Gràfic 2.9: Potència solar fotovoltaica instal·lada anualment a Espanya, 2007-2017. FONT. UNEF

S'observa clarament en el gràfic 2.9 que l'any 2008 és el que es va instal·lar més potència fotovoltaica. L'últim any, el 2017, es van instal·lar 135 MW de nova potència fotovoltaica, encara així es segueix estant lluny dels nivells que es veuen en altres països del nostre entorn.



Gràfic 2.10: Potència fotovoltaica instal·lada [MW] per comunitat autònoma, 2017. FONT. UNEF

El mapa per Comunitats Autònomes de 2017, representat en el gràfic 2.10, ens mostra amb termes de potència instal·lada que Castella-la Manxa i Andalusia són les principals fotovoltaïques nacionals amb 925 i 878 MW instal·lats, respectivament. Catalunya està lleugerament per davall de la mitjana amb 266 MW instal·lats.

Pel que fa a l'autoconsum fotovoltaic, les Comunitats Autònomes amb major potència instal·lada registrada són Galícia, Catalunya i Andalusia. A finals de 2017, segons el registre de MINETAD, hi havia un total de 18,9 MW d'autoconsum fotovoltaic instal·lats.

3. Normativa d'aplicació

Tota instal·lació que es vulgui dur a terme, ha d'estar acceptada per un marc legal al qual es regeix.

La normativa que es presenta a continuació és d'aplicació en totes les instal·lacions solars destinades a la producció d'electricitat, ja sigui per autoconsum o per la seva venda, amb injecció a xarxa o sense injecció a xarxa.

- **Real Decret 244/2019** del 5 d'abril, pel que es regulen les condicions administratives, tècniques i econòmiques de l'autoconsum d'energia elèctrica.
- **Real Decret 900/2015** de 9 d'octubre, pel que es regula les condicions administratives, tècniques i econòmiques de les modalitats de subministrament d'energia elèctrica amb autoconsum i de producció d'autoconsum.
- **Real Decret 413/2014** del 6 de juny, el que es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica a partir de fonts d'energia renovables, cogeneració i residus.
- **Real Decret 235/2013** del 5 d'abril, pel que s'aprova el procediment bàsic per la certificació de l'eficiència energètica dels edificis.
- **Real Decret 1699/2011** del 18 de novembre, pel que es regula la connexió a xarxa d'instal·lacions de producció d'energia elèctrica de baixa potència.
- **Real Decret 6/2009** del 30 d'abril, pel que s'adopten determinades mesures en el sector energètic i s'aprova el bo social.
- **Real Decret 1110/2007** del 24 d'agost, pel que s'aprova el Reglament unificat de punts de mesura del sistema elèctric.
- **Real Decret 661/2007** del 25 de maig, pel que es regula l'activitat de producció d'energia elèctrica en règim especial.
- **Real Decret 314/2006** del 17 de març, pel que s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació.
- **Real Decret 842/2002** del 2 d'agost, pel que s'aprova el Reglament electrotècnic per baixa tensió.
- **Real Decret 1663/2000** del 29 de setembre, sobre la connexió d'instal·lacions fotovoltaïques a la xarxa de baixa tensió.
- **Real Decret 1955/2000** de l'1 de desembre del 2000, pel que es regulen les activitats de transport, distribució, comercialització, subministrament i procediments d'autorització d'instal·lacions d'energia elèctrica.
- **Real Decret 1627/1997** del 24 d'octubre, pel que s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i de salut a les obres de construcció.
- **Real Decret 486/1997** del 14 d'abril, pel que s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball.
- **Real Decret 154/1995** del 3 de febrer, pel que es regula les exigències de seguretat del material elèctric destinat a ser utilitzat en determinats límits de tensió.
- **UN-EN 62852:2015/AC:2019**, sobre connectors per aplicacions de corrent continu en sistemes fotovoltaïcs. Requisits de seguretat i assajos.
- **UNE-EN 62108:2019**, sobre mòduls i sistemes fotovoltaïcs de concentració (CPV). Qualificació del disseny i homologació.

- **UNE-EN IEC 61730:2019**, sobre la qualificació de la seguretat dels mòduls fotovoltaics (FV), requisits de construcció, requisits per assajos.
- **UNE-EN 1991-1-4:2018**, sobre aspectes tècnics d'estructures de construcció en general i accions sobre les mateixes.
- **UNE-EN 62108:2011**, sobre sistemes d'energia solar fotovoltaica.
- **Resolució del 31 de maig de 2001**, pel que s'estableixen models de contracte tipus i model de factura per instal·lacions solars fotovoltaiques connectades a xarxa de baixa tensió.
- **Llei 15/2012** del 27 de desembre, de mesures fiscals per la sostenibilitat energètica.
- **Llei 54/1997** del 26 de novembre, del Sector Elèctric.
- **Llei 22/1983** del 21 de novembre, de protecció de l'ambient atmosfèric.
- **ITC-BT**, Instruccions tècniques complementaries.
- Es tindrà en compte el **Codi Tècnic de l'Edificació (CTE)**.

4. Descripció d'un sistema solar fotovoltaic

4.1. Introducció

El funcionament d'una instal·lació fotovoltaica es descriu a continuació.

Els panells fotovoltaics capten la radiació solar i la transformen directament a energia elèctrica mitjançant corrent continu. Aquest corrent va directament a l'inversor que s'encarrega de transformar el corrent continu a corrent altern per al seu posterior ús domèstic.

Abans de fer-ne ús d'aquest corrent altern s'instal·la un comptador que s'encarrega de comptar tant l'energia generada pels panells com el consum de l'habitatge i l'energia enviada cap a xarxa en cas que s'envii. D'aquesta manera l'usuari pot tenir coneixement del que estan generant realment els panells i del consum de l'habitatge en cada instant.

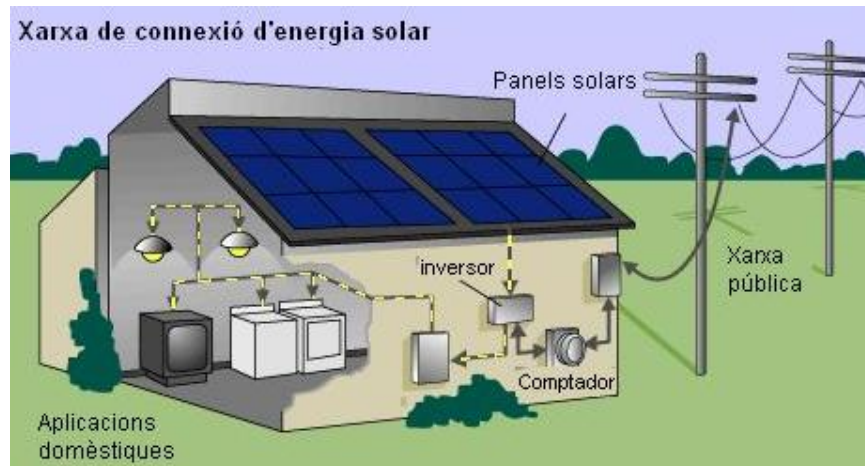
Per utilitzar el corrent altern ens connectem al quadre general per poder-lo abocar directament allí. De no ser així, si no es connecta al quadre general, hi haurà parts de l'habitatge en que el comptador no podrà fer la lectura, degut a que no s'hi té accés.

A continuació s'explica de manera teòrica cadascuna de les parts, algunes d'elles ja mencionades, d'una instal·lació fotovoltaica, que són les següents:

- 1- Mòduls fotovoltaics.

- 2- Inversor.
- 3- Comptador.
- 4- Estructura de suport.
- 5- Proteccions elèctriques.

En la il·lustració 3 i 4 es pot veure la connexió d'una instal·lació fotovoltaica juntament amb els aparells que la conformen:



Il·lustració 3: Xarxa de connexió d'una instal·lació fotovoltaica. FONT. TERSA.



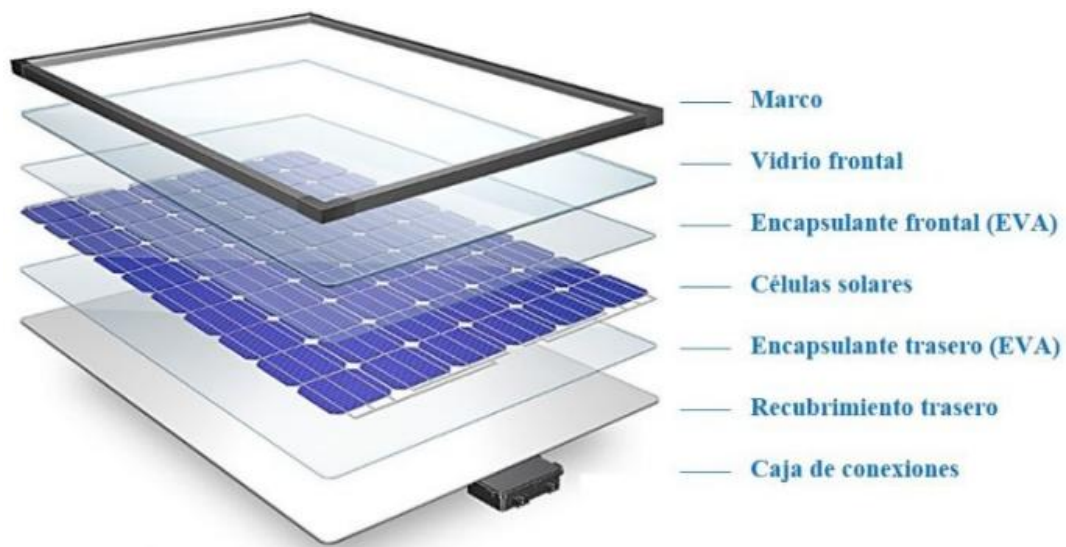
Il·lustració 4: Aparells d'una instal·lació fotovoltaica amb bateries. FONT. Aeroman Energia.

4.2. Panells fotovoltaics

Els panells fotovoltaics són els encarregats de captar la radiació solar i transformar-la en energia elèctrica en forma de corrent continu.

Per fer-ho, contenen un conjunt de cel·les fotovoltaïques connectades entre elles, encarregades de transformar l'energia de la llum (absorbint fotons) en electricitat (alliberant electrons) mitjançant l'efecte fotovoltaic. Aquestes cel·les estan formades per materials semiconductors, normalment el silici però, n'hi ha d'altres com ara l'arsenur de gal·li, el tel·lur de cadmi, etc.

En la següent il·lustració es pot veure les principals parts d'un panell solar:



Il·lustració 5: Capes d'un panell solar. FONT. As solar.

El paràmetre característic més utilitzat a l'hora de caracteritzar un panell és la potència màxima o potència pic, corresponent a la potència màxima que ens pot proporcionar un panell en les següents condicions mesurades pels fabricants en condicions estàndards: una irradiància de 1000 W/m^2 , una temperatura de cel·la de 25°C i una distribució espectral estàndard a la superfície de la Terra de AM 1,5G, on AM és la massa d'aire i la G significa mundial i inclou la radiació directa i difusa.

La connexió dels panells es pot fer de dues formes:

- Connexió en paral·lel: es realitza connectant per una banda els positius, i per l'altra, els negatius. Proporciona una tensió igual a la del panell, normalment entre 12-18 V. S'utilitza poc aquest tipus de connexió.
- Connexió en sèrie: en aquest cas es connecten el positiu amb el negatiu, i així successivament durant tot el circuit. La tensió resultant és la suma de tots els panells que formen la mateixa connexió. Per exemple, en el cas que hi hagi 10 panells i cadascun d'ells ens proporciona 15 V, la tensió resultant és de 150 V. En la major part d'instal·lacions s'utilitza aquesta connexió, ja que ens dona un rendiment molt més elevat.

4.3. Inversor

L'inversor és l'aparell capaç de transformar el corrent continu (DC), provinent dels panells, en corrent altern (AC) per així posteriorment utilitzar-lo, abocar-lo a xarxa o emmagatzemar-lo en bateries en cas que n'hi hagi. Per efectuar aquesta transformació correctament, adapta la tensió i la freqüència de sortida de l'inversor a la de la xarxa elèctrica, mantenint també la corba sinusoïdal.

Altres funcions de l'inversor:

- Optimització de l'energia: maximitza la generació d'energia dels panells solars.
- Seguiment i protecció: realitza un seguiment dels rendiments energètics del sistema fotovoltaic, de l'activitat elèctrica i dels senyals quan sorgeix un problema. Aquesta informació es pot veure al propi dispositiu o des d'una altra ubicació si s'implementa la tecnologia de comunicació adequada i els serveis en línia.

Les característiques principals que determinen un inversor són: l'eficiència, la tensió nominal o tensió d'entrada i la potència nominal.

La potència nominal de l'inversor es calcula entre el 80% i el 90% de la potència total generada pels panells degut a que dita potència és la màxima generada per aquests en condicions òptimes. Si es calculés pel 100% la majoria de temps estaria treballant en condicions de baixa potència de sortida i, com a conseqüència, amb un rendiment més baix.

4.4. Comptador

Normalment s'instal·la al quadre general i s'encarrega de captar la corba de càrrega de l'habitatge per poder optimitzar l'autoconsum.

4.5. Estructura de suport

Les estructures de suport dels panells són una part molt important de la instal·lació, ja que són les encarregades d'assegurar que els panells es mantindran fixos a la coberta.

Atès que han de suportar, com a mínim 25-30 anys d'exposició a la intempèrie en bon estat, ha d'estar construïda preferentment d'alumini, acer inoxidable o acer galvanitzat.

A més a més, és la que ens permet donar la inclinació i la orientació segons convingui.

Els principals tipus d'estructura utilitzats en vivendes són els següents:

- Estructura coplanar: segueix la mateixa inclinació que la de la coberta. El seu muntatge és senzill.
- Estructura inclinada: té una inclinació fixada i ens permet orientar els panells cap a la direcció que ens interressi. El seu muntatge requereix una mica més de treball.



Il·lustració 6: Estructura coplanar (esquerra) i estructura inclinada (dreta).

4.6. Proteccions elèctriques

A part de les proteccions integrades a l'inversor, és necessari equipar la instal·lació amb proteccions addicionals que protegeixin tant la seguretat de la instal·lació i els aparells, com la seguretat de les persones responsables del seu funcionament i manteniment.

Les proteccions elèctriques varien segons el corrent que hi hagi en cada part de la instal·lació: corrent continu o corrent altern.

4.6.1. Proteccions elèctriques de corrent continu

S'instal·len a la fase que va des dels panells solars fins a l'entrada de l'inversor. Són les següents:

- Interruptor diferencial: té la funció de desconnectar la part de corrent continu de l'inversor i connectar-la a terra mitjançant un curtcircuit en cas de falla d'aïllament dels panells.
- Fusibles: són els encarregats de protegir el circuit de la instal·lació elèctrica contra sobrecàrregues d'intensitat o curtcircuits. Quan aquests es donen, el fusible es fon tallant el pas de corrent.

Altrament, l'inversor disposa d'un interruptor de seccionament per desconnectar els panells del sistema, d'aquesta manera en cas que hi hagi alguna avaria en els panells o en el mateix inversor, no és necessari aturar tota la instal·lació.

4.6.2. Proteccions elèctriques de corrent altern

S'instal·len a la fase que va des de la sortida de l'inversor fins el punt de connexió de la xarxa de subministrament. Es presenten a continuació:

- Interruptor diferencial: té la funció de protegir a les persones de les parts elèctriques de la instal·lació. En cas que hi hagi una fuga de corrent, l'interruptor es desactiva automàticament tallant el pas de la mateixa.
- Magnetotèrmic: la seva funció és protegir la instal·lació elèctrica degut a intensitats excessives, ja siguin produïdes per un curtcircuit o bé per un excessiu nombre d'elements connectats a dita instal·lació.

4.7. Bateries

La funció de les bateries és emmagatzemar l'excedent d'energia generada durant les hores de radiació solar per utilitzar-la durant la nit quan els panells no poden generar electricitat. És a dir, la diferència entre l'energia produïda pels panells durant les hores de radiació solar i la consumida per l'habitatge s'emmagatzema en les bateries. D'aquesta manera, les hores o fins i tot dies en els que no hi ha radiació solar o aquesta és molt baixa, si tenim un consum

d'energia elèctrica el qual els panells no poden cobrir, es descarreguen les bateries per cobrir la demanda que hi hagi.

La vida útil de les bateries es mesura per la quantitat de cicles de càrrega i descàrrega que és capaç de realitzar. Un sistema solar fotovoltaic pot treballar amb un règim de treball d'un cicle al dia o fins i tot menys, és per aquest motiu que les bateries poden durar com a mínim 10 anys.

4.8. Grup electrogen

El grup electrogen és un aparell capaç de produir energia elèctrica a través d'un motor de combustió interna mitjançant combustible, normalment diesel o gasolina. S'utilitza com una font de recolzament al funcionament normal d'una instal·lació fotovoltaica.

És pràcticament imprescindible si es vol fer una instal·lació fotovoltaica aïllada, és a dir, si no estem connectats a xarxa, ja que hi pot haver llargs períodes de mal temps en que els panells no puguin produir i el consum diari provoqui la descàrrega total de les bateries i, per tant, que no es disposi d'energia per satisfer les necessitats energètiques. També pot ser que hi hagin pics puntuals de consum que hagi de cobrir el grup, però si es va amb una mica de cura no serà necessari en aquest últim cas.

Si estem connectats a xarxa no es necessari que hi hagi el generador instal·lat ja que tant els períodes de mal temps com els pics d'energia els cobreix la mateixa xarxa elèctrica.

5. Consum elèctric de l'habitatge

En la llar en qüestió hi habiten 5 persones durant tot l'any. Els horaris i la demanda energètica del mateix varien dia a dia, segons l'època en la que s'està, les necessitats de cada moment etc. Per aquest motiu, s'agafa valors mitjans dels horaris i de la demanda energètica de l'habitatge.

Tant si s'estudia aquest habitatge com un altre, el mètode que s'aplica habitualment és analitzar les factures elèctriques, ja que és el més ràpid, còmode i precís si es vol fer un estudi aproximat.

Actualment hi ha instal·lat un comptador digital intel·ligent, així doncs es pot recollir amb exactitud el consum, hora a hora cada dia. En la taula 1, amb una escala de colors groga i vermella, es mostra el consum elèctric mitjà mensual en Wh.

Consum mitjà mensual de l'habitatge per hora [Wh]													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Mitjana
24 a 1	637	301	359	656	777	757	682	374	424	812	573	652	583,67
1 a 2	1057	229	352	619	891	915	743	284	387	784	612	318	599,25
2 a 3	343	230	355	626	487	337	340	234	352	259	327	330	351,67
3 a 4	344	340	357	559	306	317	325	344	347	576	254	370	369,92
4 a 5	360	330	236	571	311	318	387	522	461	263	283	246	357,33
5 a 6	329	331	232	511	392	287	277	454	333	254	321	322	336,92
6 a 7	409	334	436	359	512	362	444	345	357	320	287	416	381,75
7 a 8	555	356	387	405	482	557	368	700	608	432	706	518	506,17
8 a 9	567	484	507	433	634	421	889	842	723	613	534	713	613,33
9 a 10	504	560	438	606	463	510	743	911	1028	525	589	502	614,92
10 a 11	582	636	405	485	872	695	800	1072	714	304	836	381	648,50
11 a 12	2400	562	363	609	1006	501	984	862	782	823	1058	369	859,92
12 a 13	782	1048	375	831	563	837	1089	945	928	515	976	955	820,33
13 a 14	998	943	511	726	865	702	1200	1425	844	717	680	961	881,00
14 a 15	1449	489	572	693	593	891	849	700	855	1089	419	623	768,50
15 a 16	656	547	766	749	786	1237	1143	886	587	772	541	648	776,50
16 a 17	818	661	576	701	533	1119	734	668	922	388	523	562	683,75
17 a 18	527	445	563	537	660	714	822	524	847	460	409	928	619,67
18 a 19	612	531	489	524	560	788	824	712	817	562	532	644	632,92
19 a 20	495	712	596	702	713	1264	1348	682	974	707	327	367	740,58
20 a 21	452	941	1324	727	463	931	877	1134	885	884	956	754	860,67
21 a 22	520	1258	1900	595	588	1346	1122	807	1148	1034	617	1009	995,33
22 a 23	458	563	1073	596	775	782	644	612	671	1163	823	414	714,50
23 a 24	383	449	940	480	393	386	599	902	710	817	753	512	610,33
Total [Wh/dia]	16237	13280	14112	14300	14625	16974	18233	16941	16704	15073	13936	13514	15327,42
Total [KWh/dia]	16,237	13,28	14,112	14,3	14,625	16,974	18,233	16,941	16,704	15,073	13,936	13,514	15,33
Total [Wh/mes]	487110	398400	423360	429000	438750	509220	546990	508230	501120	452190	418080	405420	459822,50
Total [KWh/mes]	487,11	398,4	423,36	429	438,75	509,22	546,99	508,23	501,12	452,19	418,08	405,42	459,82
Anual [KWh]	5517,87												

Taula 1: Consum mitjà mensual de l'habitatge per hora [Wh]

Tal i com es pot observar, el consum acumulat l'últim any és de 5518 kWh, amb una mitjana mensual de 459,82 kWh/mes i una mitjana diària de 15,33 kWh/dia, essent el mes de juliol el que hi ha més consum (18,23 kWh/dia) i el mes de febrer (13,28 kWh/dia) el que menys.

5.1. Estudi de les factures

Ara per ara hi ha una potència contractada de 9,959 kW i un consum acumulat de l'últim any (abril 2018-maig 2019) de 5.518 kWh. La factura es pot veure en l'annex.

El tipus de contracte és PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor) sense discriminació horària, el seu preu figura al gràfic gràfic 5.1. Així doncs el que es fa és adaptar els consums més elevats a les hores que la llum va més barata.

Els preus pugen durant el matí, des de les 8:00 fins les 14:00; i també les últimes hores de la tarda-vespre, des de les 18:00 fins les 22:00.

Ara per ara el que s'intenta fer es passar els grans consums elèctrics a la nit i al cap de setmana, sobretot els aparells que tenen més consum, com la rentadora, assecadora, rentaplats...



Gràfic 5.1: Preu aproximat de cada hora durant l'any 2015. FONT. Ocu.

6. Disseny general òptim dels panells

Independentment del tipus d'instal·lació que sigui més òptim entre els que s'estudiarà en aquest projecte, el disseny general òptim dels panells serà el mateix per tots els tipus d'instal·lacions. Per tant, tots els apartats que hi ha a continuació seran la base de totes les instal·lacions a estudiar.

6.1. Emplaçament dels panells

Els panells es situaran en la coberta superior d'un habitatge unifamiliar situada en un poble de la província de Lleida; Alpicat.

6.2. Orientació dels panells

L'habitatge en qüestió té dues cobertes a quatre aigües, doncs té quatre orientacions diferents a cadascuna d'elles. La major captació de radiació solar s'aconsegueix en l'orientació sud. Per tant, s'ha de veure quines són les quatre orientacions de les cobertes i si alguna està encarada a sud. Si no n'hi ha cap, s'ha de buscar la que s'hi aproxima més.

En la coberta inferior hi ha ombres a la tarda, per tant, com que es disposa de 24 m² a la coberta superior, hi ha espai suficient, així doncs l'estudi el centrem en aquesta i l'inferior es descarta.

En la il·lustració 7 es poden veure les cobertes que més s'aproximen a l'orientació sud. La de l'esquerra, amb el perímetre marcat de color verd, és la coberta superior on s'ubicarà la instal·lació. La de la dreta, amb el perímetre marcat de color groc, és la coberta inferior que es descarta degut a les ombres que hi ha a la tarda produïdes per la coberta superior i d'altres elements constructius.



Il·lustració 7: Vista en planta de l'orientació de les cobertes que més s'aproximen a sud. Coberta superior (esquerra) i coberta inferior (dreta).

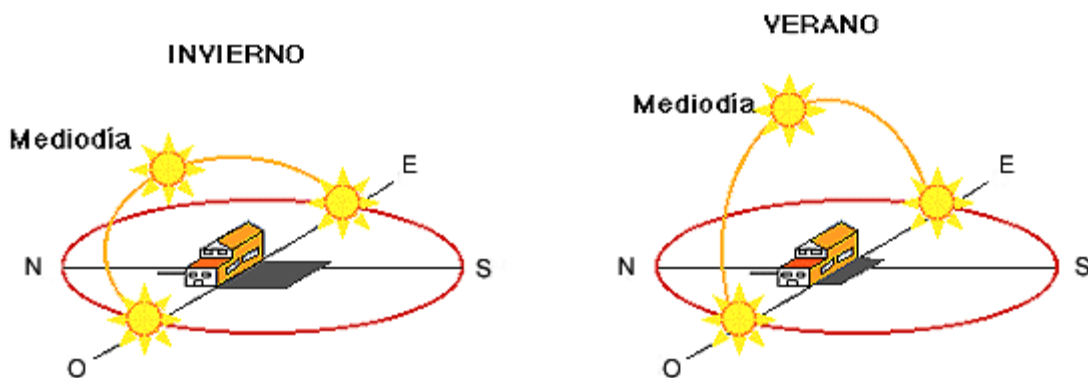
Si ens fixem en la il·lustració 8, es pot veure exactament la desviació de la coberta superior respecte l'orientació sud, que són 20º cap a est. Per tant, es pot dir que la coberta a estudiar, està orientada sud sud-est.



Il·lustració 8: Desviació de la coberta superior respecte l'orientació sud.

6.3. Inclinatoria dels panells

En primer lloc, és necessari saber que la inclinació del sol varia segons l'època de l'any en la que estem. Durant el mesos d'hivern és quan el sol està menys inclinat i fa menys recorregut i durant els mesos d'estiu és quan està més inclinat i fa més recorregut. En la il·lustració 9 es pot veure la diferència.



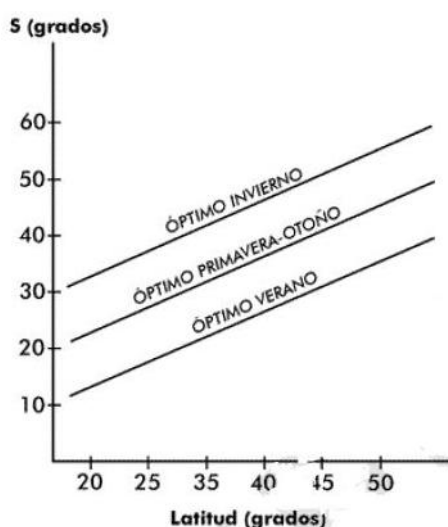
Il·lustració 9: Trajectòria del sol d'hivern (esquerra) i estiu (dreta). FONT. Pedrojherandez.

En segon lloc, s'ha de tenir en compte el consum energètic de l'habitatge, és a dir en quina època de l'any hi ha més consum.

Per últim, hi ha d'haver un resultat final estèticament agradable i resistent.

Així doncs, sabent que la coberta té una inclinació d'uns 20°, que les coordenades geogràfiques de l'habitatge són: 41.664964, 0.545930 i que l'òptim a Espanya ve donat pel *gràfic 6.1*. Es pot concloure que mantenint una inclinació dels panells igual que la de la coberta:

1. S'està sobre l'òptim de l'estiu, això vol dir que durant els mesos d'estiu és on hi ha una major producció energètica, coincidint també amb l'època de major consum de l'habitatge; l'estiu.
2. S'evita un augment d'altura de la coberta.
3. S'aconsegueix una bona estètica de la coberta.
4. La instal·lació està més protegida de les inclemències climàtiques (vent, pluja, etc.).



Gràfic 6.1: Òptim segons l'època de l'any, inclinació i latitud a Espanya. FONT. Atersa.

6.4. Separació entre panells

Els panells segueixen la mateixa inclinació que la coberta i pràcticament no afegeixen altura, com a conseqüència no es fan ombra entre ells. Per aquest motiu la separació entre ells serà mínima, d'uns 2 cm, de manera que es puguin fixar entre ells mitjançant grapes intermèdies i finals, que quedi una estètica agradable i al mateix temps hi hagi ventilació.

6.5. Estructura de suport

Per satisfer els requisits explicats en aquest últim apartat; “Disseny general òptim dels panells”, l’estructura ha de ser coplanar. Aconseguint així les característiques principals següents:

1. Optimitzar el rendiment de la instal·lació.
2. Disminuir de manera significativa el impacte visual, obtenint una bona estètica.
3. Optimitzar l’espai de la coberta.
4. Protegir la instal·lació de les inclemències climàtiques (pluja, vent, etc.).
5. Assegurar un bon ancoratge dels generadors sobre l’estructura de la coberta.
6. Garantir una instal·lació duradora i resistent.
7. Facilitar les tasques de manteniment.

El material utilitzat és l’alumini, degut al seu baix pes i la seva alta resistència tant a esforços mecànics com a la corrosió.

6.6. Nombre de panells

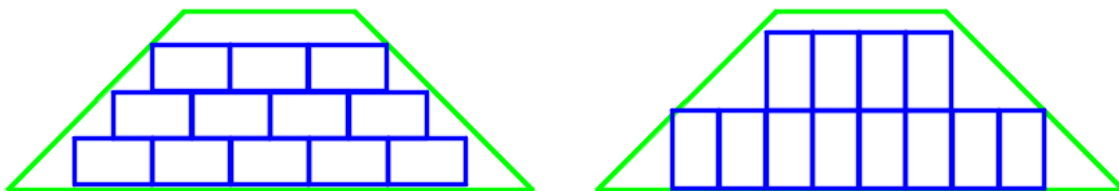
Tal i com s’ha mencionat en apartats anteriors, l’habitatge disposta de dos cobertes, però l’estudi només es centra en la coberta superior atès que l’inferior té ombres durant la tarda i pot fer baixar l’eficiència de la instal·lació considerablement.

Així doncs, sabent que la coberta superior a estudiar té aproximadament 24 m², es calcula quants panells hi caben mitjançant l’eina AutoCad.

Hi ha l’opció de ficar-los en vertical o en horitzontal, a efectes d’eficiència dels panells no variarà mentre la inclinació sigui la mateixa. Per poder accedir als panells durant la instal·lació o bé una vegada acabada, ja sigui per fer el manteniment o per d’altres motius, encara que s’ocupi tota la coberta deixant poc espai als laterals, no és cap inconvenient ja que s’hi pot accedir per les altres aigües o fins i tot amb una escala repenjada a la coberta inferior o a la terrassa.

Com a conclusió, no hi ha variació tècnica entre ficar els panells en horitzontal o en vertical, és només una qüestió d’estètica.

En la il·lustració 10 s'ha agafat el perímetre de la coberta superior on s'ubicaran els panells i s'ha fet el disseny amb les dues possibilitats de col·locar-los, a l'esquerra els tenim en horitzontal i a la dreta en vertical.



Il·lustració 10: Disposició dels 12 panells en horitzontal (esquerra) i en vertical (dreta).

Es pot veure que tant en horitzontal com en vertical, en caben un màxim de 12 panells, així doncs em decanto per la disposició en horitzontal ja que estèticament és més agradable i l'espai queda més repartit.

A l'hora de fer els càlculs de l'amortització de la instal·lació es valoraran dues opcions, una amb el nombre màxim de panells aprofitant tota la teulada, en aquest cas són 12 panells, ja que pot ser una quantitat totalment viable perquè si cada panell produeix al voltant de 300 Wp, hi haurà una potència pic de la instal·lació d'uns 3,6 kWp que podrà cobrir la major part del consum en les hores solars.

L'altra opció es valorarà amb 8 panells, aconseguint una potència pic d'uns 2,4 kWp i essent molt probable que hi hagi hores solars en que la producció dels panells no sigui suficient per abastir el consum elèctric de l'habitatge.

S'han escollit aquestes dues opcions perquè una és el màxim que permet la coberta i que a més genera una potència pic força interessant pel consum actual de l'habitatge i per no fer una opció molt similar que seria el cas de 10 panells, se n'ha escollit una més diferenciada que és la de 8 panells. A més d'això, considerar menys de 8 panells és insuficient pel consum elèctric que hi ha.

La distribució amb horitzontal i vertical dels 8 panells es pot veure en la il·lustració 11.



Il·lustració 11: Disposició dels 8 panells en horitzontal (esquerra) i en vertical (dreta).

7. Radiació solar a Alpicat, Lleida

La radiació solar és l'energia procedent del sol en forma d'ones electromagnètiques, aquesta es pot mesurar de diferents formes, però segons la situació o el càlcul que s'hagi de fer seran més adequades unes que d'altre. Per aquest motiu se'n presenta dues que són molt comunes:

- Irradiància: densitat de potència incident en una superfície o l'energia incident en una superfície per unitat de temps i unitat de superfície. Es mesura en $[KW/m^2]$.
- Irradiació: energia incident en una superfície per unitat de superfície al llarg d'un període de temps. Es mesura en $[KWh/m^2]$ o en $[MJ/m^2]$.

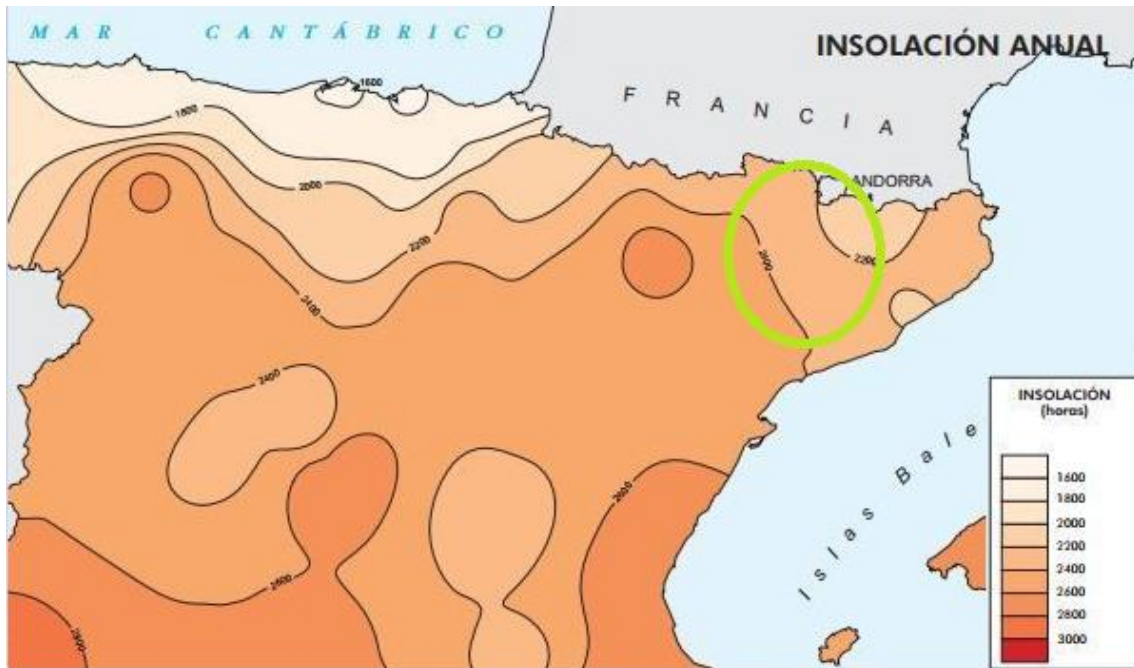
És necessari saber la radiació solar que hi ha al lloc on s'ubicarà la instal·lació ja que la producció d'energia elèctrica dels panells dependrà directament d'aquesta.

La taula 2 ens proporciona les hores de sol anual mitges a Lleida, les quals estan al voltant de 2900 hores anuals, essent els mesos d'abril fins a l'agost els que tenen més hores mensuals de sol.

Castilla-La Mancha					Cataluña				Año
Albacete (Los Llanos)	Ciudad Real	Cuenca	Guadalajara	Toledo	Barcelona (aeropuerto)	Girona	Lleida	Tarragona (Tortosa)	Mes
Número de horas de sol									
2.888	2.881	2.743	..	3.123	2.884	2.864	2011
..	3.066	2.724	..	3.291	2.225	2.523	3.064	2.900	2012
3.035	3.030	2.503	..	3.119	2.144	2.515	2.964	2.836	2013
3.173	3.011	3.123	2.050	2.593	2.944	2.583	2014
3.207	3.212	2.725	..	3.313	1.984	..	2.882	2.821	2015
224	187	186	..	186	70	166	111	186	Diciembre 2014
247	226	209	..	235	90	209	115	197	Enero 2015
144	189	119	..	190	105	125	203	176	Febrero
260	239	218	..	243	178	..	247	208	Marzo
255	264	235	..	276	201	..	301	260	Abril
336	354	285	..	355	247	..	350	317	Mayo
343	340	259	..	371	244	..	341	327	Junio
364	397	313	..	401	218	..	346	315	Julio
320	315	285	..	354	237	287	346	282	Agosto
278	290	245	..	299	167	214	256	210	Septiembre
209	187	166	..	207	120	145	218	158	Octubre
250	227	209	..	217	107	229	125	211	Noviembre
201	185	182	..	166	69	189	36	160	Diciembre

Taula 2: Hores de sol anuals mitges (2011-2015) i hores de sol mensuals mitges (2015) a Lleida. FONT. Institut Nacional d'Estadística (INE).

En la il·lustració 12 es pot veure la mateixa informació que en la taula 2, però en un gràfic. Les hores d'insolació anual a Espanya, remarcant amb el perímetre de color verd la zona de Lleida, on hi ha entre 2.600 h/any i 2800 h/any.



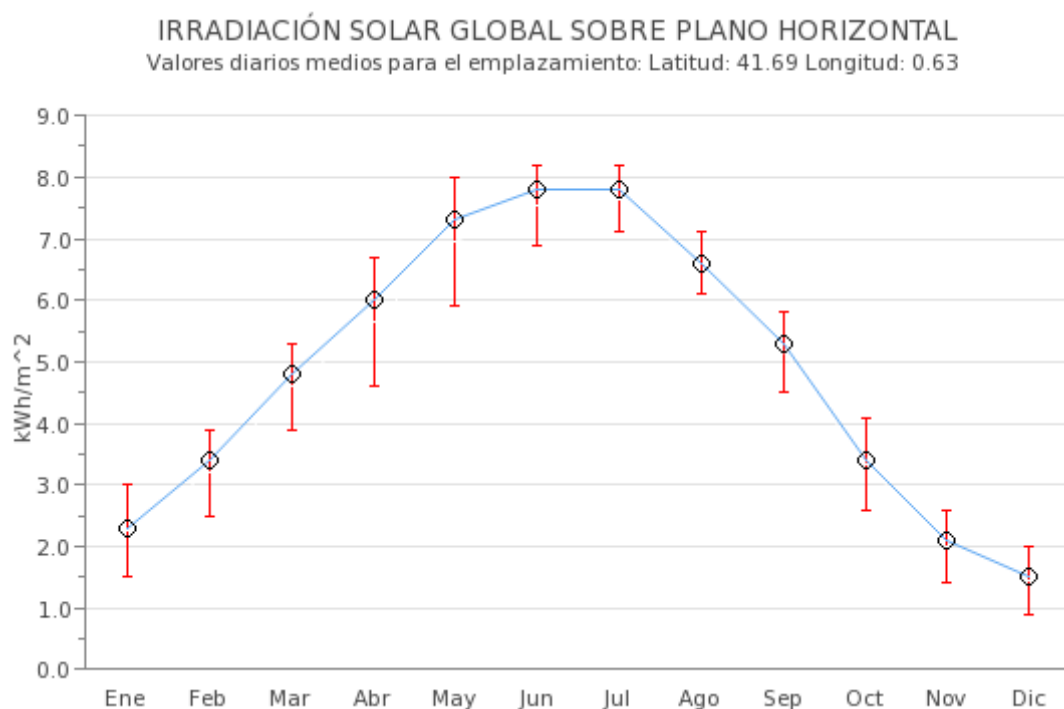
Il·lustració 12: Mapa geogràfic Insolació anual. FONT. Institut geogràfic nacional.

La il·lustració 13 proporciona la irradiació mitjana sobre una superfície horitzontal, que és 4,9 KWh/(m²·dia), just on s'ubicarà la instal·lació, al carrer dels Àngels, Alpicat.



Il·lustració 13: Mapa irradiació global a Alpicat. FONT. Accés a dades de la radiació solar a Espanya (ADRASE).

Finalment, en el gràfic 7.1. que hi ha a continuació, es pot veure d'una manera més detallada la irradiació mensual a Alpicat, on es veu que els mesos d'estiu són els que la tenen més alta, arribant fins als 8,2 KWh/(m²·dia) el mes de juny i juliol.



Gràfic 7.1: Dades mensuals de la radiació a Alpicat. FONT. Accés a dades de la radiació solar a Espanya (ADRASE).

Una vegada analitzada la informació extreta dels gràfics, il·lustracions i taules, es pot concloure que en el lloc on s'ubicarà la instal·lació, es té una mitjana de 2800 hores anuals i una irradiació mitjana de 4,9 kWh/(m²·dia).

Per poder fer els càlculs amb més precisió, s'ha utilitzat el Sistema d'Informació Geogràfica Fotovoltaica (PVGIS), que és una eina de la comissió europea capaç de proporcionar la irradiació diària hora per hora en una ubicació escollida i una orientació i inclinació concreta. En el nostre cas s'ha cercat la informació a Alpicat amb una orientació de -20° i una inclinació de 20°. La informació extreta es pot veure a continuació, en la taula 3, amb una escala de colors del blau al vermell, essent el blau la mínima irradiació i el vermell la màxima.

Irradiació mitjana mensual per hores [Wh/m²]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
6 a 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 a 8	0,00	0,00	53,50	9,00	50,50	74,75	59,00	21,25	0,00	0,00	0,00	0,00
8 a 9	29,25	117,25	256,50	131,75	201,25	234,75	221,50	169,25	78,50	10,00	44,25	13,75
9 a 10	177,25	313,50	465,75	314,75	385,50	424,50	425,75	374,25	277,00	160,25	224,50	149,50
10 a 11	307,25	474,25	635,75	489,50	559,00	603,50	623,00	574,00	482,75	358,00	367,75	272,75
11 a 12	394,75	584,25	750,75	630,75	699,75	748,75	785,75	738,00	653,75	519,75	465,25	354,25
12 a 13	437,00	637,00	804,50	726,25	794,50	846,75	897,00	849,75	771,00	630,75	512,50	394,25
13 a 14	434,25	630,75	796,25	770,50	838,00	892,25	949,75	902,00	826,50	683,25	508,50	391,75
14 a 15	388,25	568,75	728,25	763,00	829,50	883,00	940,00	893,00	818,00	677,00	455,75	349,00
15 a 16	303,50	455,75	605,25	705,00	770,75	821,25	869,75	823,75	747,50	613,75	358,50	270,25
16 a 17	188,50	303,75	438,00	601,25	665,50	710,75	745,50	700,00	621,50	499,00	228,00	163,00
17 a 18	58,50	137,25	246,00	458,75	521,50	560,50	577,50	532,75	451,25	344,00	83,00	36,50
18 a 19	0,00	13,75	76,50	292,50	352,75	384,50	383,25	339,25	259,00	171,25	0,00	0,00
19 a 20	0,00	0,00	4,50	128,50	181,25	205,25	190,75	150,75	86,75	33,00	0,00	0,00
20 a 21	0,00	0,00	0,00	32,50	67,25	76,00	60,50	42,00	10,50	0,00	0,00	0,00
21 a 22	0,00	0,00	0,00	0,00	16,00	39,00	17,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wh/(m²dia)	2718,50	4236,25	5861,50	6054,00	6933,00	7510,00	7746,00	7110,00	6084,00	4700,00	3248,00	2395,00
KWh/(m²mes)	81,56	127,09	175,85	181,62	207,99	225,30	232,38	213,30	182,52	141,00	97,44	71,85

Taula 3: Irradiació mitjana mensual per hores [Wh/m²]

8. Elecció dels aparells de la instal·lació

8.1. Elecció dels panells

Hi ha moltes possibilitats a l'hora d'escollir els panells que s'ubicaran a la instal·lació, des de diferents fabricants fins a diferents tipus, eficiències i produccions dels mateixos.

L'empresa seleccionada és REC SOLAR, fundada l'any 1996 i arribant a produir 26 milions de panells a finals de l'any 2016, convertint-se en la major marca europea de panells solars, a més de garantir que els seus productes són duradors i reciclables.

Els panells que s'utilitzaran són els REC N-PEAK SERIE de 330 Wp, monocristalins tipus n, una de les tecnologies més eficients, amb una eficiència del mòdul de fins al 19,8%.

Cada panell està cobert per 20 anys de garantia de producte i 25 anys de garantia de la potència nominal. Les dimensions són 1675 mm·997 mm·30 mm, amb una àrea d'1,67 m² aproximadament i 18 kg de pes.

8.2. Elecció de la bateria

La bateria variarà segons si s'instal·len 8 o 12 panells ja que no és necessari una bateria d'alta capacitat si els panells no poden produir la suficient energia per carregar-la, així doncs el que s'ha fet es intentar escollir una bateria que s'adapti al màxim a cada instal·lació.

En el cas de 8 panells s'ha agafat una bateria de liti LG Chem Resu 7H, amb una capacitat útil de 6,6 kWh i una mida molt compacta de tant sols 744 mm d'amplada, 692 mm d'alçada i 206 mm de profunditat, amb un pes que també és força lleuger, de 76 kg.

En la instal·lació de 12 panells, s'ha escollit una bateria del mateix tipus però de més capacitat, és la bateria de liti LG chem 10H, amb pràcticament 3 kWh més de capacitat útil que l'anterior, arribant fins als 9,3 kWh. La mida és també molt compacta, de 744 mm d'amplada, 907 mm d'alçada i 206 mm de profunditat i un pes de 97 kg. Es pot veure que només varia la capacitat útil, l'alçada i el pes.

La garantia de les dos bateries és de 10 anys, fins llavors es té assegurat un bon rendiment que anirà disminuint amb els anys.

Al ser bateries molt pràctiques, ambdues tenen una instal·lació força senzilla, per tant permeten reduir el temps d'instal·lació i els costos que pot comportar. A més, és compatible amb una gran varietat d'inversors.

8.3. Elecció del generador

El grup electrogen escollit és el Kipor Diesel KDE6700TA de 5 kW de potència, el seu disseny està encarat als habitatges residencials. Disposa d'una arrencada automàtica per contacte de lliure potencial, ideal per una instal·lació solar com és aquest cas. Si la bateria es queda sense energia, el generador rep i interpreta una senyal de l'inversor perquè aquest arranqui i pugui satisfer la demanda energètica de l'habitatge.

Quan aquest està en marxa no fa pràcticament soroll, tant sols 73 dB. A més, disposa d'un dipòsit de 15 litres que permet una autonomia entre 9 i 28 hores que depèn de la càrrega que estigui cobrint. El seu pes és de 170 kg i el tipus de corrent és monofàsic.

9. Producció dels panells

La producció dels panells depèn directament del consum elèctric de l'habitatge i de la irradiació on s'ubica la instal·lació. Ambdós varien cada any i cada hora, així doncs la producció també és variable. A més hi intervenen d'altres factors com són els rendiments dels aparells del sistema que s'explicaran en aquest apartat. Per aquest motiu, tot i realitzar l'estudi de forma molt precisa, hora per hora, els valors són estimatius i variaran cada any.

Per estimar dita producció és necessari conèixer les diferents variables que hi intervenen, les quals es presenten a continuació en la taula 4 amb la seva explicació, el símbol que la representa i el valor per 8 i 12 panells respectivament.

Dades de la instal·lació				
Explicació	Símbol	Unitat	Valor_8p	Valor_12p
Consum diari mig	E_d	Wh/día	Variable	Variable
Període de disseny	-	Anual	1	1
Irradiació mitjana del lloc on s'ubica la instal·lació	$G_{dm}(0)$	Wh/m ² ·día	Variable	Variable
Àngle de desviació del panell respecte al sud (azimut)	α	Graus	-20	-20
Àngle d'incidència respecte a la horitzontal del panell (de 0 a 90°)	β	Graus	20	20
Potència del panell	P_p	Wp	330	330
Nombre de panells	-	-	8	12
Potència pic de la instal·lació	P_{pt}	KWp	2,64	3,96
Irradiació mitjana sobre el pla orientat (α i β)	$G_{dm}(\alpha, \beta)$	Wh/m ² ·día	Variable	Variable
Intensitat del panell	I_p	A	9,55	9,55
Voltatge del panell	V_p	V	34,6	34,6
Voltatge sistema	V_t	V	276,8	415,2
Producció mitjana	E_p	kWh/día	Variable	Variable
Capacitat útil bateria	-	Wh	6,6	9,3
Condicions estàndards de mesura	G_{CEM}	W/m ²	1000	1000

Taula 4: Dades bàsiques de la instal·lació

Pel que fa a les pèrdues del sistema se n'ha tingut en compte quatre de principals; les pèrdues elèctriques, poden ser degudes a les distorsions de la senyal elèctrica, les pèrdues de l'inversor, com tots els aparells té una determinada eficiència, les pèrdues pel cablejat, depenen principalment del cablejat que s'utilitzi i dels metres que hi hagi i per últim les pèrdues per temperatura de la cel·la, a mesura que la temperatura de la cel·la s'allunya de la temperatura òptima de treball, l'eficiència disminueix. A més, també s'ha considerat "altres" pèrdues, que podrien ser degut a la brutícia dels panells per exemple.

En totes aquestes pèrdues s'ha considerat valors mitjans i aproximats, que es detallen en la taula 5.

Coeficient de rendiment de la instal·lació - PR			
Tipus	Símbol	Pèrdues	PR
Pèrdues elèctriques	η_{dist}	3%	0,97
Pèrdues de l'inversor	η_{inv}	3%	0,97
Pèrdues del cablejat	η_{cab}	3%	0,97
Pèrdues per temperatura de la cel·la	η_{cel}	5%	0,95
Altres	η_{otr}	1%	0,99
Coeficient de rendiment resultant	PR_r		0,86

Taula 5: Coeficient de rendiment resultant degut a les pèrdues de la instal·lació.

Una vegada es té les dades bàsiques de la instal·lació i les seves pèrdues, mitjançant el Sistema d'Informació Geogràfica Fotovoltaica (PVGIS) es pot obtenir la irradiació mitjana diària hora per hora de cada mes i, amb l'equació 1, s'obté directament la producció dels panells.

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{pt} \cdot PR_t}{G_{CEM}} \quad (1)$$

On:

- $G_{dm}(\alpha, \beta)$ = Irradiació mitjana sobre el pla orientat (α i β).
- P_{pt} = Potència pic de la instal·lació.
- PR_t = Coeficient de rendiment resultant.
- G_{CEM} = Condicions estàndards de mesura.

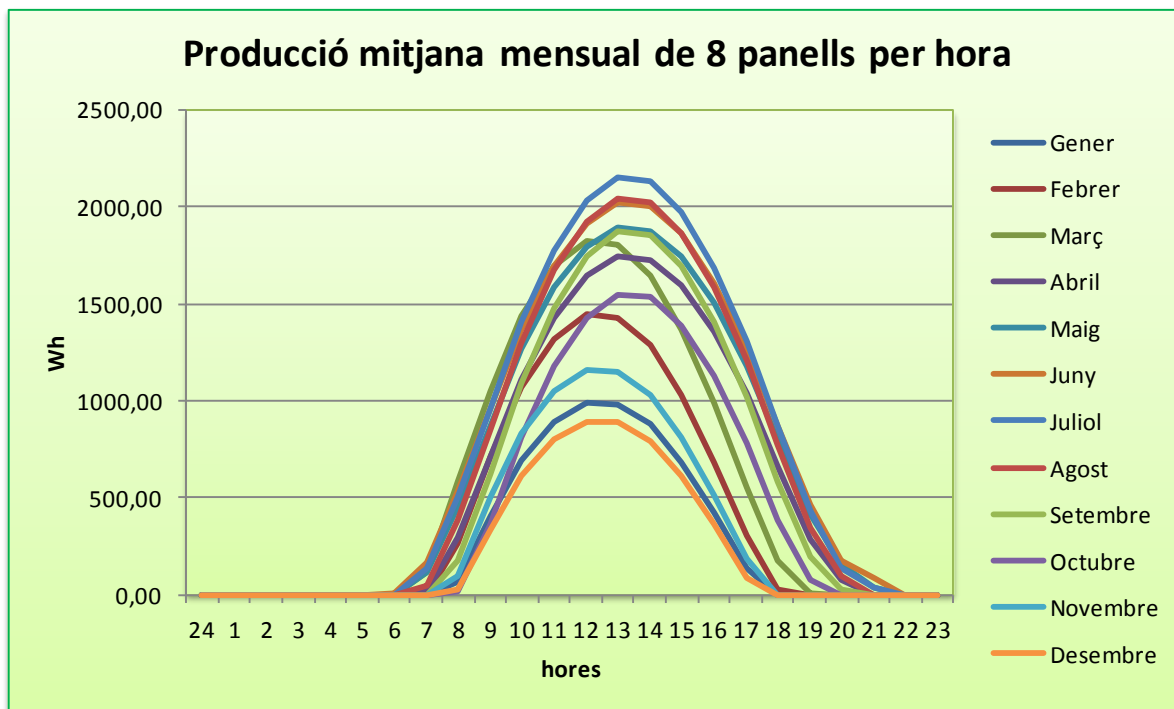
Producció 8 panells

En la taula 6, representada amb una escala de colors del blau al vermell, figurant el vermell com els valors de producció més alts, s'ha calculat la producció mitjana diària de 8 panells, obtenint com a resultat una producció mitjana anual de 4381,44 kWh/any.

Producció mitjana mensual de 8 panells per hora [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1 a 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 a 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 a 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 a 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 a 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 a 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 a 8	0,00	0,00	121,24	20,39	114,44	169,39	133,70	48,15	0,00	0,00	0,00	0,00
8 a 9	66,28	265,70	581,25	298,56	456,05	531,97	501,94	383,54	177,89	22,66	100,27	31,16
9 a 10	401,67	710,42	1055,43	713,25	873,58	961,96	964,79	848,09	627,71	363,14	508,74	338,78
10 a 11	696,26	1074,70	1440,67	1109,25	1266,75	1367,59	1411,78	1300,74	1093,96	811,26	833,36	618,08
11 a 12	894,54	1323,97	1701,27	1429,34	1585,70	1696,74	1780,58	1672,38	1481,46	1177,80	1054,30	802,76
12 a 13	990,28	1443,50	1823,07	1645,75	1800,41	1918,82	2032,69	1925,61	1747,16	1429,34	1161,37	893,41
13 a 14	984,05	1429,34	1804,38	1746,03	1898,99	2021,92	2152,22	2044,02	1872,93	1548,31	1152,31	887,74
14 a 15	879,81	1288,84	1650,28	1729,03	1879,73	2000,96	2130,13	2023,62	1853,66	1534,15	1032,77	790,87
15 a 16	687,76	1032,77	1371,55	1597,60	1746,59	1861,03	1970,94	1866,69	1693,91	1390,82	812,39	612,41
16 a 17	427,16	688,33	992,55	1362,49	1508,09	1610,63	1689,37	1586,27	1408,38	1130,78	516,67	369,37
17 a 18	132,57	311,02	557,46	1039,57	1181,77	1270,15	1308,67	1207,26	1022,57	779,54	188,09	82,71
18 a 19	0,00	31,16	173,36	662,83	799,36	871,31	868,48	768,77	586,92	388,07	0,00	0,00
19 a 20	0,00	0,00	10,20	291,19	410,73	465,12	432,26	341,61	196,58	74,78	0,00	0,00
20 a 21	0,00	0,00	0,00	73,65	152,39	172,22	137,10	95,18	23,79	0,00	0,00	0,00
21 a 22	0,00	0,00	0,00	0,00	36,26	88,38	38,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 a 23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23 a 24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wh/dia	6160,38	9599,74	13282,71	13718,93	15710,83	17018,37	17553,16	16111,93	13786,92	10650,64	7360,27	5427,30
kWh/mes	184,81	287,99	398,48	411,57	471,32	510,55	526,59	483,36	413,61	319,52	220,81	162,82
Producció anual [kWh/any]	4391,44											

Taula 6: Producció mitjana mensual de 8 panells per hora [Wh]

Per poder tenir una estimació més visual de la producció dels panells i així veure també com varia cada mes s'ha realitzat el gràfic 11.1.



9.1: Producció mitjana mensual de 8 panells per hora [Wh]

Es fàcil de veure que els mesos de més hores de radiació solar, els de l'estiu, és on hi ha una major producció, essent el juliol el més òptim i els mesos d'hivern és on hi ha la producció més baixa, essent el desembre el més desfavorable.

Producció 12 panells

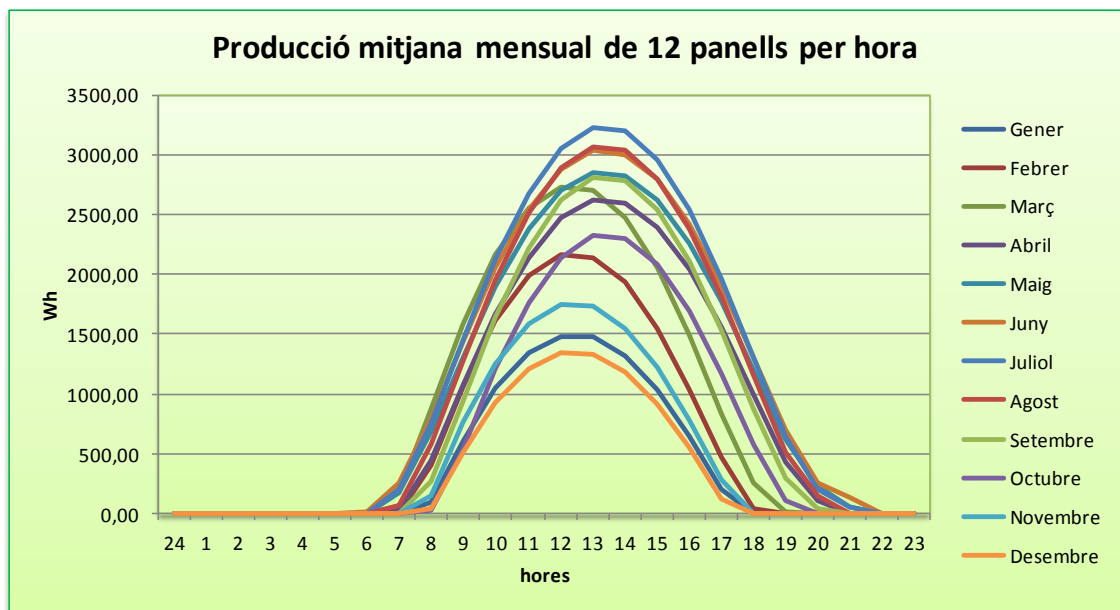
En la taula 7, també interpretada amb una escala de colors del blau al vermell, es representa el mateix que en l'anterior, és a dir la producció mitjana diària però amb la diferència que dita producció s'ha calculat amb 12 panells, aconseguint d'aquesta manera una producció més elevada, tenint com a resultat una producció mitjana anual de 6587,15 kWh/any i superant el consum anual de l'habitatge que és de 5517,87 kWh/any.

Comparant ambdós instal·lacions, hi ha una diferència de 2195,71 kWh anuals més en el cas de 12 panells respecte als 8 panells.

Producció mitjana mensual de 12 panells per hora [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1 a 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 a 3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3 a 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4 a 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5 a 6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 a 7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7 a 8	0,00	0,00	181,85	30,59	171,66	254,09	200,55	72,23	0,00	0,00	0,00	0,00
8 a 9	99,42	398,55	871,88	447,84	684,08	797,95	752,91	575,30	266,83	33,99	150,41	46,74
9 a 10	602,50	1065,63	1583,15	1069,88	1310,37	1442,94	1447,18	1272,13	941,56	544,71	763,11	508,17
10 a 11	1044,39	1612,04	2161,00	1663,88	1900,12	2051,38	2117,66	1951,11	1640,94	1216,89	1250,03	927,12
11 a 12	1341,81	1985,95	2551,91	2144,01	2378,55	2545,11	2670,88	2508,57	2222,19	1766,70	1581,45	1204,15
12 a 13	1485,42	2165,25	2734,61	2468,63	2700,62	2878,22	3049,03	2888,42	2620,74	2144,01	1742,06	1340,11
13 a 14	1476,08	2144,01	2706,57	2619,04	2848,48	3032,88	3228,33	3066,03	2809,39	2322,46	1728,46	1331,61
14 a 15	1319,72	1933,26	2475,42	2593,54	2819,59	3001,44	3195,19	3035,43	2780,50	2301,22	1549,16	1186,30
15 a 16	1031,64	1549,16	2057,33	2396,39	2619,89	2791,54	2956,40	2800,04	2540,86	2086,22	1218,59	918,62
16 a 17	640,74	1032,49	1488,82	2043,73	2262,13	2415,94	2534,06	2379,40	2112,57	1696,17	775,00	554,06
17 a 18	198,85	466,53	836,19	1559,36	1772,65	1905,22	1963,00	1810,89	1533,86	1169,30	282,13	124,07
18 a 19	0,00	46,74	260,03	994,25	1199,05	1306,97	1302,72	1153,16	880,38	582,10	0,00	0,00
19 a 20	0,00	0,00	15,30	436,79	616,09	697,67	648,39	512,42	294,88	112,17	0,00	0,00
20 a 21	0,00	0,00	0,00	110,47	228,59	258,33	205,65	142,76	35,69	0,00	0,00	0,00
21 a 22	0,00	0,00	0,00	0,00	54,39	132,57	57,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22 a 23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23 a 24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wh/dia	9240,56	14399,61	19924,07	20578,40	23566,25	25527,55	26329,75	24167,89	20680,37	15975,96	11040,41	8140,94
kWh/mes	277,22	431,99	597,72	617,35	706,99	765,83	789,89	725,04	620,41	479,28	331,21	244,23
Producció anual [kWh/any]	6587,15											

Taula 7: Producció mitjana mensual de 12 panells per hora [Wh]

En el cas dels 12 panells també s'ha realitzat el gràfic 11.2 per veure d'una manera més visual la variació mensual de la producció.



9.2: Producció mitjana mensual de 12 panells per hora [Wh].

De la mateixa manera que en el cas dels 8 panells, juny, juliol i agost són els mesos en els que hi ha una major producció solar i novembre, desembre i gener els que n'hi ha menys. El mes de juliol segueix sent el més favorable i desembre el més desfavorable.

10. Estudi de les diferents combinacions d'instal·lacions fotovoltaïques

En els següents apartats es fa un estudi de diferents tipus i combinacions d'instal·lacions fotovoltaïques. En cadascuna d'elles es tindrà en compte les següents opcions:

1. Instal·lar 8 o 12 panells.

Es valorarà l'opció d'instal·lar 8 o 12 panells, amb una potència pic de 2,64 kWp i 3,96 kWp respectivament. La principal diferència que hi ha en instal·lar més o menys quantitat de panells és que a major quantitat, major producció però més alt és el cost de la instal·lació.

Una vegada es té la potència pic dels panells es pot calcular la potència nominal de la instal·lació, que és la que fa referència a la potència de l'inversor. Aquesta es calcula entre el 80% i el 90% de la potència pic, és a dir, es necessita un inversor capaç de transformar entre 2,11 kWp i 2,38 kWp en el cas de 8 panells i 3,17 kWp i 3,564 kWp en el cas de 12.

2. La possibilitat de desconnectar-se de xarxa.

Atès que és un habitatge familiar on s'hi fa vida gairebé tots els dies de l'any, en la majoria de combinacions d'instal·lacions no és viable desconnectar-se de xarxa ja que no es pot estar sense energia elèctrica.

3. Considerar la injecció 0 o bé que podem vendre els excedents a xarxa.

Els sistemes d'injecció 0 són dispositius que mesuren en temps real la producció solar i el consum elèctric real d'una instal·lació, de manera que en el moment que la producció solar supera el consum, es disminueix automàticament la producció solar per evitar la generació de kWh excedentaris que serien enviats a la xarxa elèctrica si no es realitzés aquest sistema. Els motius de l'aplicació d'aquest sistema poden ser varis, els principals són perquè per qüestions de normativa no és viable, perquè els usuaris estan obligats a disposar d'aquesta funció o bé perquè l'usuari no vol subministrar energia a la companyia elèctrica.

La majoria d'aquests sistemes, com és en el nostre cas, el que fan es actuar sobre l'inversor de xarxa, de manera que es modifica el punt de treball d'aquest, amb l'objectiu de reduir la producció solar a la sortida de dit inversor. A més, connectant el dispositiu de control remot a l'inversor, es pot tenir un control dinàmic de la injecció 0, que té en compte la taxa actual d'autoconsum, fet que permet maximitzar l'ús de l'energia solar autogenerada.

En els diferents tipus d'instal·lacions que es presenten a continuació, es considera tant la injecció 0, com la venda d'excedents. Aquesta última opció consisteix en enviar cap a xarxa la producció sobrant de la instal·lació, la que no s'arriba a consumir, per després poder disposar d'un descompte mensual en funció dels kWh enviats a xarxa.

Els panells escollits són els mateixos per totes les combinacions, els REC N-PEAK SERIE, monocristal·lins tipus n amb una potència pic de 330 Wp cadascun.

Tal i com s'ha dit anteriorment, per poder realitzar els següents estudis és necessari saber el consum energètic de l'habitatge i la producció dels panells. El consum s'extreu directament de les factures elèctriques i la producció es calcula mitjançant l'equació 1 explicada anteriorment.

Pel que fa als càlculs econòmics, la vida útil de la instal·lació s'ha calculat en 25 anys, i tant el preu del kWh consumit de xarxa com el preu del kWh enviat a xarxa s'ha considerat constant. En general aquest tendeix a augmentar amb els anys, però considerant-ho d'aquesta manera els càlculs poden ser bastant reals i si el preu continua augmentant amb els anys, l'amortització i els beneficis econòmics que pot aportar la instal·lació seran majors, cosa que farà que la instal·lació pugui ser encara més viable. El preu considerat és de 0,13 €/kWh pel consum de xarxa i de 0,053 €/kWh pels excedents.

10.1. Instal·lació fotovoltaica únicament amb panells solars

En aquest cas només es disposa de panells solars i per tant és imprescindible estar connectats a xarxa. En el moment que els panells no puguin satisfer la demanda energètica de l'habitatge, aquesta s'agafarà de la xarxa elèctrica.

En aquest cas s'ha escollit l'inversor monofàsic Fronius Primo 3.5-1 amb una potència nominal CA de sortida de 3,5 KW, essent capaç de cobrir fins al 88,4% de la potència pic dels panells,

suficient per poder convertir en tot moment la quantitat d'energia que puguin produir els panells fotovoltaics.

El comptador bidireccional que permet optimitzar l'autoconsum és el Fronius Smart Meter 63A-1.

Es considera que la vida útil de la instal·lació és de 25 anys.

Com que ja s'ha calculat la producció dels panells, procedirem a fer els càlculs energètics i econòmics.

10.1.1. Instal·lació amb 8 panells

En la taula 8, amb una escala de colors vermella, groga i blava, s'ha restat la producció dels panells al consum actual de l'habitatge, és a dir la diferència entre l'energia consumida i l'energia produïda. Els valors de consum baixen considerablement les hores en que hi ha una alta radiació solar perquè els panells tenen una producció més elevada.

Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 8 panells [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	637,00	301,00	359,00	656,00	777,00	757,00	682,00	374,00	424,00	812,00	573,00	652,00
1 a 2	1057,00	229,00	352,00	619,00	891,00	915,00	743,00	284,00	387,00	784,00	612,00	318,00
2 a 3	343,00	230,00	355,00	626,00	487,00	337,00	340,00	234,00	352,00	259,00	327,00	330,00
3 a 4	344,00	340,00	357,00	559,00	306,00	317,00	325,00	344,00	347,00	576,00	254,00	370,00
4 a 5	360,00	330,00	236,00	571,00	311,00	318,00	387,00	522,00	461,00	263,00	283,00	246,00
5 a 6	329,00	331,00	232,00	511,00	392,00	287,00	277,00	454,00	333,00	254,00	321,00	322,00
6 a 7	409,00	334,00	436,00	359,00	512,00	351,80	444,00	345,00	357,00	320,00	287,00	416,00
7 a 8	555,00	356,00	265,76	384,61	367,56	387,61	234,30	651,85	608,00	432,00	706,00	518,00
8 a 9	500,72	218,30	-74,25	134,44	177,95	-110,97	387,06	458,46	545,11	590,34	433,73	681,84
9 a 10	102,33	-150,42	-617,43	-107,25	-410,58	-451,96	-221,79	62,91	400,29	161,86	80,26	163,22
10 a 11	-114,26	-438,70	-1035,67	-624,25	-394,75	-672,59	-611,78	-228,74	-379,96	-507,26	2,64	-237,08
11 a 12	1505,46	-761,97	-1338,27	-820,34	-579,70	-1195,74	-796,58	-810,38	-699,46	-354,80	3,70	-433,76
12 a 13	-208,28	-395,50	-1448,07	-814,75	-1237,41	-1081,82	-943,69	-980,61	-819,16	-914,34	-185,37	61,59
13 a 14	13,95	-486,34	-1293,38	-1020,03	-1033,99	-1319,92	-952,22	-619,02	-1028,93	-831,31	-472,31	73,26
14 a 15	569,19	-799,84	-1078,28	-1036,03	-1286,73	-1109,96	-1281,13	-1323,62	-998,66	-445,15	-613,77	-167,87
15 a 16	-31,76	-485,77	-605,55	-848,60	-960,59	-624,03	-827,94	-980,69	-1106,91	-618,82	-271,39	35,59
16 a 17	390,84	-27,33	-416,55	-661,49	-975,09	-491,63	-955,37	-918,27	-486,38	-742,78	6,33	192,63
17 a 18	394,43	133,98	5,54	-502,57	-521,77	-556,15	-486,67	-683,26	-175,57	-319,54	220,91	845,29
18 a 19	612,00	499,84	315,64	-138,83	-239,36	-83,31	-44,48	-56,77	230,08	173,93	532,00	644,00
19 a 20	495,00	712,00	585,80	410,81	302,27	798,88	915,74	340,39	777,42	632,22	327,00	367,00
20 a 21	452,00	941,00	1324,00	653,35	310,61	758,78	739,90	1038,82	861,21	884,00	956,00	754,00
21 a 22	520,00	1258,00	1900,00	595,00	551,74	1257,62	1083,48	807,00	1148,00	1034,00	617,00	1009,00
22 a 23	458,00	563,00	1073,00	596,00	775,00	782,00	644,00	612,00	671,00	1163,00	823,00	414,00
23 a 24	383,00	449,00	940,00	480,00	393,00	386,00	599,00	902,00	710,00	817,00	753,00	512,00
Wh/dia consumits de xarxa	10430,92	7226,12	8736,75	7155,21	6554,13	7653,70	7801,48	7430,43	8612,11	9156,35	8118,58	8925,41
Wh/mes consumits de xarxa	312927,70	216783,61	262102,54	214656,18	196623,87	229610,86	234044,43	222913,01	258363,23	274690,43	243557,27	267762,38
Wh/dia autoconsumits	5806,08	6053,88	5375,25	7144,79	8070,87	9320,30	10431,52	9510,57	8091,89	5916,65	5817,42	4588,59
Wh/mes autoconsumits	174182,30	181616,39	161257,46	214343,82	242126,13	279609,14	312945,57	285316,99	242756,77	177499,57	174522,73	137657,62
Energia autoconsumida [%]	35,76	45,59	38,09	49,96	55,19	54,91	57,21	56,14	48,44	39,25	41,74	33,95
Mitjana autoconsumit [%]	46,83											
Wh/dia excedentaris	354,30	3545,86	7907,46	6574,14	7639,96	7698,06	7121,65	6601,36	5695,02	4733,99	1542,85	838,71
Wh/mes excedentaris	10629,00	106375,84	237223,84	197224,18	229198,77	230941,85	213649,36	198040,87	170850,71	142019,69	46285,47	25161,23

Taula 8: Energia consumida menys energia produïda per 8 panells.

Els nombres negatius, representats de color blau en la taula, són els excedents que es donen quan hi ha més producció que consum en l'habitatge. Es pot veure que es concentren al centre de la taula, que és en les hores on hi ha una irradiació més elevada i per tant una major producció dels panells.

La mitjana de l'energia autoconsumida anualment és del 46,83%, gairebé la meitat de tota l'energia consumida en l'habitatge, arribant fins un màxim de 57,21% al mes de juliol i fins un mínim de 33,95% al desembre.

Injecció 0

En la taula 9 es pot veure els kWh mensuals consumits de xarxa i autoconsumits, tenint com a resultat un consum de xarxa anual de 2934,04 kWh i un autoconsum de 2583,83 kWh anuals, equivalent al 46,83% d'energia autoconsumida.

Estudi econòmic considerant injecció 0													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	312,93	216,78	262,10	214,66	196,62	229,61	234,04	222,91	258,36	274,69	243,56	267,76	2934,04
kWh/mes autoconsumits	174,18	181,62	161,26	214,34	242,13	279,61	312,95	285,32	242,76	177,50	174,52	137,66	2583,83
Estalvi mensual autoconsumit [€]	22,64	23,61	20,96	27,86	31,48	36,35	40,68	37,09	31,56	23,07	22,69	17,90	335,90
Estalvi mitjà mensual [€]	27,99												
Estalvi anual autoconsum [€]	335,90												
Retorn inversió [anys]	17,18												
Estalvi en 25 anys [€]	8397,46												
Benefici en 25 anys [€]	2628,24												

Taula 9: Estudi econòmic considerant injecció 0.

Pel que fa a l'estudi econòmic, es pot veure que el mes on hi ha un major estalvi és al juliol, 40,68 €, coincidint amb un alt consum de l'habitatge i amb una alta producció dels panells. L'estalvi més baix és al desembre, 17,90 € i la mitjana és de 27,99 € mensuals.

Així doncs anualment es pot estalviar 335,90 € en la factura elèctrica i partint de que el cost total de la instal·lació és de 5769,23€ es sap que el retorn de la inversió és de 17,18 anys i hi ha un benefici aproximat de 2628,24€ als 25 anys.

Venda excedents

L'única diferència que hi ha en aquest apartat és que l'energia sobrant de la instal·lació, els excedents, es poden vendre a xarxa i per tant hi haurà un estalvi econòmic superior, tal com es pot comprovar en la taula 10.

Estudi econòmic considerant la venda d'excedents													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	312,93	216,78	262,10	214,66	196,62	229,61	234,04	222,91	258,36	274,69	243,56	267,76	2934,04
KWh/mes autoconsumits	174,18	181,62	161,26	214,34	242,13	279,61	312,95	285,32	242,76	177,50	174,52	137,66	2583,83
KWh/mes excedentaris	10,63	106,38	237,22	197,22	229,20	230,94	213,65	198,04	170,85	142,02	46,29	25,16	1807,60
Estalvi mensual autoconsumit [€]	22,64	23,61	20,96	27,86	31,48	36,35	40,68	37,09	31,56	23,07	22,69	17,90	335,90
Estalvi mensual excedents [€]	0,56	5,64	12,57	10,45	12,15	12,24	11,32	10,50	9,06	7,53	2,45	1,33	95,80
Estalvi resultant [€]	23,21	29,25	33,54	38,32	43,62	48,59	52,01	47,59	40,61	30,60	25,14	19,23	431,70
Estalvi mitjà resultant [€]	35,98												
Estalvi anual autoconsum [€]	431,70												
Retorn inversió [anys]	13,36												
Estalvi en 25 anys [€]	10792,53												
Benefici en 25 anys [€]	5023,31												

Taula 10: Estudi econòmic considerant la venda d'excedents.

L'estalvi ha augmentat anualment 95,80 €, en la taula 10 es pot veure el canvi mes per mes, passant a un estalvi mitjà mensual de 35,98 € i un estalvi anual de 431,70 €. Com a conseqüència el retorn de la inversió passa de 17,18 anys a 13,36 anys, reduint-se gairebé en 4 anys. A més, el benefici en 25 anys augmenta pràcticament el doble, amb un valor de 5023,31 €.

10.1.2. Instal·lació amb 12 panells

En aquest cas s'afegeix 4 panells més, amb un total de 12. El consum de xarxa ha de disminuir i com a conseqüència ha d'augmentar l'energia autoconsumida. Es pot observar en la taula 11.

Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	637,00	301,00	359,00	656,00	777,00	757,00	682,00	374,00	424,00	812,00	573,00	652,00
1 a 2	1057,00	229,00	352,00	619,00	891,00	915,00	743,00	284,00	387,00	784,00	612,00	318,00
2 a 3	343,00	230,00	355,00	626,00	487,00	337,00	340,00	234,00	352,00	259,00	327,00	330,00
3 a 4	344,00	340,00	357,00	559,00	306,00	317,00	325,00	344,00	347,00	576,00	254,00	370,00
4 a 5	360,00	330,00	236,00	571,00	311,00	318,00	387,00	522,00	461,00	263,00	283,00	246,00
5 a 6	329,00	331,00	232,00	511,00	392,00	287,00	277,00	454,00	333,00	254,00	321,00	322,00
6 a 7	409,00	334,00	436,00	359,00	512,00	346,70	444,00	345,00	357,00	320,00	287,00	416,00
7 a 8	555,00	356,00	205,15	374,41	310,34	302,91	167,45	627,77	608,00	432,00	706,00	518,00
8 a 9	467,58	85,45	-364,88	-14,84	-50,08	-376,95	136,09	266,70	456,17	579,01	383,59	666,26
9 a 10	-98,50	-505,63	-1145,15	-463,88	-847,37	-932,94	-704,18	-361,13	86,44	-19,71	-174,11	-6,17
10 a 11	-462,39	-976,04	-1756,00	-1178,88	-1028,12	-1356,38	-1317,66	-879,11	-926,94	-912,89	-414,03	-546,12
11 a 12	1058,19	-1423,95	-2188,91	-1535,01	-1372,55	-2044,11	-1686,88	-1646,57	-1440,19	-943,70	-523,45	-835,15
12 a 13	-703,42	-1117,25	-2359,61	-1637,63	-2137,62	-2041,22	-1960,03	-1943,42	-1692,74	-1629,01	-766,06	-385,11
13 a 14	-478,08	-1201,01	-2195,57	-1893,04	-1983,48	-2330,88	-2028,33	-1641,03	-1965,39	-1605,46	-1048,46	-370,61
14 a 15	129,28	-1444,26	-1903,42	-1900,54	-2226,59	-2110,44	-2346,19	-2335,43	-1925,50	-1212,22	-1130,16	-563,30
15 a 16	-375,64	-1002,16	-1291,33	-1647,39	-1833,89	-1554,54	-1813,40	-1914,04	-1953,86	-1314,22	-677,59	-270,62
16 a 17	177,26	-371,49	-912,82	-1342,73	-1729,13	-1296,94	-1800,06	-1711,40	-1190,57	-1308,17	-252,00	7,94
17 a 18	328,15	-21,53	-273,19	-1022,36	-1112,65	-1191,22	-1141,00	-1286,89	-686,86	-709,30	126,87	803,93
18 a 19	612,00	484,26	228,97	-470,25	-639,05	-518,97	-478,72	-441,16	-63,38	-20,10	532,00	644,00
19 a 20	495,00	712,00	580,70	265,21	96,91	566,33	699,61	169,58	679,12	594,83	327,00	367,00
20 a 21	452,00	941,00	1324,00	616,53	234,41	672,67	671,35	991,24	849,31	884,00	956,00	754,00
21 a 22	520,00	1258,00	1900,00	595,00	533,61	1213,43	1064,21	807,00	1148,00	1034,00	617,00	1009,00
22 a 23	458,00	563,00	1073,00	596,00	775,00	782,00	644,00	612,00	671,00	1163,00	823,00	414,00
23 a 24	383,00	449,00	940,00	480,00	393,00	386,00	599,00	902,00	710,00	817,00	753,00	512,00
Wh/dia consumits de xarxa	9114,46	6943,71	8578,82	6828,15	6019,27	7201,04	7179,72	6933,28	7869,04	8771,84	7881,46	8350,13
Wh/mes consumits de xarxa	273433,79	208311,38	257364,47	204844,38	180578,12	216031,29	215391,64	207998,38	236071,17	263155,11	236443,78	250504,00
Wh/dia autoconsumits	7122,54	6336,29	5533,18	7471,85	8605,73	9772,96	11053,28	10007,72	8834,96	6301,16	6054,54	5163,87
Wh/mes autoconsumits	213676,21	190088,62	165995,53	224155,62	258171,88	293188,71	331598,36	300231,62	265048,83	189034,89	181636,22	154916,00
Energia autoconsumida [%]	43,87	47,71	39,21	52,25	58,84	57,58	60,62	59,07	52,89	41,80	43,45	38,21
Mitjana autoconsumit [%]	50,16											
Wh/dia excedentaris	2118,02	8063,32	14390,88	13106,55	14960,52	15754,59	15276,47	14160,17	11845,41	9674,80	4985,87	2977,08
Wh/mes excedentaris	63540,74	241899,72	431726,43	393196,38	448815,47	472637,78	458294,04	424805,17	355362,39	290244,00	149576,08	89312,28

Taula 11: Energia consumida menys energia produïda per 12 panells.

La mitjana d'energia autoconsumida passa als 50,16% anuals respecte als 46,83% que teníem en 8 panells, un augment poc significatiu de menys del 4% que és degut a que amb els 8 panells ja cobríem la major part de consum en les hores solars.

Si mirem els excedents es pot veure clarament que augmenten considerablement, passant de valors màxims de fins al voltant d'1 kWh fins a valors de 2 kWh en hores d'alta radiació solar. Es pot veure amb més detall a les taules que es presenten a continuació.

Injecció 0

Considerant injecció 0 es pot veure els resultats en la taula 12.

Estudi econòmic considerant injecció 0													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	273,43	208,31	257,36	204,84	180,58	216,03	215,39	208,00	236,07	263,16	236,44	250,50	2750,13
KWh/mes autoconsumits	213,68	190,09	166,00	224,16	258,17	293,19	331,60	300,23	265,05	189,03	181,64	154,92	2767,74
Estalvi mensual autoconsumit [€]	27,78	24,71	21,58	29,14	33,56	38,11	43,11	39,03	34,46	24,57	23,61	20,14	359,81
Estalvi anual autoconsum [€]	359,81												
Retorn inversió [anys]	20,51												
Estalvi en 25 anys [€]	8995,16												
Benefici en 25 anys [€]	1616,25												

Taula 12: Estudi econòmic considerant injecció 0.

Tal i com s'ha previst, els valors d'autoconsum varien lleugerament, aconseguint 2767,74 kWh autoconsumits, un 0,16% més de la meitat del consum total de l'habitatge.

L'estalvi anual és de 359,81 €, no obstant el retorn de la inversió augmenta a 20,51 anys, obtenint un benefici en 25 anys de tant sols 1616,25 €.

Venda d'excedents

Si es permet la venda d'excedents pot ser més interessant la instal·lació de 12 panells. Si l'energia autoconsumida no ha augmentat significativament vol dir que s'estarà generant una gran quantitat d'excedents, tal com es pot comprovar en la taula 13.

Estudi econòmic considerant la venda d'excedents													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	273,43	208,31	257,36	204,84	180,58	216,03	215,39	208,00	236,07	263,16	236,44	250,50	2750,13
KWh/mes autoconsumits	213,68	190,09	166,00	224,16	258,17	293,19	331,60	300,23	265,05	189,03	181,64	154,92	2767,74
KWh/mes excedentaris	63,54	241,90	431,73	393,20	448,82	472,64	458,29	424,81	355,36	290,24	149,58	89,31	3819,41
Estalvi mensual autoconsumit [€]	27,78	24,71	21,58	29,14	33,56	38,11	43,11	39,03	34,46	24,57	23,61	20,14	359,81
Estalvi mensual excedents [€]	3,37	12,82	22,88	20,84	23,79	25,05	24,29	22,51	18,83	15,38	7,93	4,73	202,43
Estalvi resultant [€]	31,15	37,53	44,46	49,98	57,35	63,16	67,40	61,54	53,29	39,96	31,54	24,87	562,24
Estalvi anual autoconsum [€]	562,24												
Retorn inversió [anys]	13,12												
Estalvi en 25 anys [€]	14055,88												
Benefici en 25 anys [€]	6676,97												

Taula 13: Estudi econòmic considerant la venda d'excedents.

Es genera més del doble d'excedents, arribant als 202,43 € anuals només amb l'energia sobrant que produeixen els 12 panells, estalviant un total de 562,24 € anuals, així reduint el retorn de la inversió fins als 13,12 anys i aconseguint un benefici de 6676,97 € als 25 anys.

10.1.3. Pressupost instal·lació 8 i 12 panells

A l'hora de fer els càlculs econòmics, s'ha tingut en compte els pressupostos que es presenten en la taula 14. Es pot veure que les parts més cares són el conjunt dels panells (1999,92 €) i l'inversor (1266,52 €) i que la diferència de preu entre els 8 i 12 panells són els 4 panells de més, el canvi d'inversor i més hores de mà d'obra.

El preu total del pressupost pels 8 panells és de 5769,23 € i per la instal·lació dels 12 panells és de 7378,92 €, tenint una diferència de 1609,69 € entre les dos.

Pressupost 8 panells			
Components	Preu unitari [€]	Quantitat	Import [€]
Aparells			
Panell REC N-PEAK SERIE mono 330Wp	249,99	8	1999,92
Inversor monofàsic Fronius Galvo 2.5-1	1266,52	1	1266,52
Fronius Smart Meter 63A-1	125	1	125
Connector mascle MC4	3,44	2	6,88
Connector femella MC4	3,66	2	7,32
Estructura			
Grapes intermitges	1,73	25	43,25
Grapes finals	1,36	25	34
Tornilleria grapes	1,2	35	42
Estructura suport	36,7	8	293,6
Cablejat			
Cablejat CC - 1m2	1,43	90	128,7
Cablejat CA - 1m2	1,12	30	33,6
Tub PVC	1,14	50	57
Manguitos PVC	0,57	10	5,7
Corbes PVC	0,67	10	6,7
Proteccions			
Caixa proteccions	8,5	2	17
Proteccions CC	-	-	62,5
Proteccions CA	-	-	38,4
Instal·lació			
	hores	€/hora	
Mà d'obra	40	17	680
Total execució material			
4848,09			
Despeses generals	13%	-	630,25
Benefici industrial	6%	-	290,89
Total despeses generals i benefici industrial			
921,14			
Total pressupost			
5769,23			

Pressupost 12 panells			
Components	Preu unitari [€]	Quantitat	Import [€]
Aparells			
Panell REC N-PEAK SERIE mono 330Wp	249,99	12	2999,88
Inversor monofàsic Fronius Primo 3.5-1	1318,44	1	1318,44
Fronius Smart Meter 63A-1	125	1	125
Connector mascle MC4	3,44	2	6,88
Connector femella MC4	3,66	2	7,32
Estructura			
Grapes intermitges	1,73	25	43,25
Grapes finals	1,36	25	34
Tornilleria grapes	1,2	50	60
Estructura suport	36,7	12	440,4
Cablejat			
Cablejat CC - 1m2	1,43	90	128,7
Cablejat CA - 1m2	1,12	30	33,6
Tub PVC	1,14	50	57
Manguitos PVC	0,57	10	5,7
Corbes PVC	0,67	10	6,7
Proteccions			
Caixa proteccions	8,5	2	17
Proteccions CC	-	-	62,5
Proteccions CA	-	-	38,4
Instal·lació			
	hores	€/hora	
Mà d'obra	48	17	816
Total execució material			
6200,77			
Despeses generals	13%	-	806,10
Benefici industrial	6%	-	372,05
Total despeses generals i benefici industrial			
1178,15			
Total pressupost			
7378,92			

Taula 14: Pressupost per 8 i 12 panells

10.2. Instal·lació fotovoltaica amb panells solars i bateries

En aquest altre tipus d'instal·lació tot i que es disposa de bateries, no és viable desconnectar-se de xarxa ja que hi pot haver dies o fins i tot setmanes en que la radiació solar sigui força baixa, com per exemple dies boirosos o molt ennuvolats, i per tant no es disposi de suficient energia per carregar les bateries durant les hores solars i poder cobrir els moments que els panells no estaran produint, com a la nit.

L'inversor encarregat de convertir el corrent continu en altern, continua sent el mateix que en la instal·lació únicament amb panells solars perquè la producció dels mateixos no varia. És l'inversor monofàsic Fronius Primo 3.5-1 amb una potència nominal CA de sortida de 3,5 kW, essent capaç de cobrir fins al 88,4% de la potència pic dels panells, suficient per poder convertir en tot moment la quantitat d'energia que puguin produir els panells fotovoltaics.

No obstant, és necessari un inversor addicional que gestioni la bateria, en ambdós casos serà el mateix, el Sunny boy storage 2.5, compatible amb bateries d'alt voltatge i amb una potència de càrrega i descàrrega de 2.5 kW.

Atès que les bateries tenen preus molt elevats s'ha dimensionat una bateria per cada instal·lació, en els següents apartats s'especificarà cadascuna.

10.2.1. Instal·lació amb 8 panells + bateria

La bateria escollida és la LG Chem Resu 7H de liti, degut a la seva capacitat útil de 6,6 kWh, el seu alt rendiment de més del 96% i el seu disseny compacte.

Els valors hora per hora de la taula 15 que veurem a continuació no varien respecte a quan només hi havia 8 panells solars, ja que la producció és la mateixa. La diferència es veurà en la manera de gestionar l'energia que els panells produiran.

Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 8 panells [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	637,00	301,00	359,00	656,00	777,00	757,00	682,00	374,00	424,00	812,00	573,00	652,00
1 a 2	1057,00	229,00	352,00	619,00	891,00	915,00	743,00	284,00	387,00	784,00	612,00	318,00
2 a 3	343,00	230,00	355,00	626,00	487,00	337,00	340,00	234,00	352,00	259,00	327,00	330,00
3 a 4	344,00	340,00	357,00	559,00	306,00	317,00	325,00	344,00	347,00	576,00	254,00	370,00
4 a 5	360,00	330,00	236,00	571,00	311,00	318,00	387,00	522,00	461,00	263,00	283,00	246,00
5 a 6	329,00	331,00	232,00	511,00	392,00	287,00	277,00	454,00	333,00	254,00	321,00	322,00
6 a 7	409,00	334,00	436,00	359,00	512,00	351,80	444,00	345,00	357,00	320,00	287,00	416,00
7 a 8	555,00	356,00	265,76	384,61	367,56	387,61	234,30	651,85	608,00	432,00	706,00	518,00
8 a 9	500,72	218,30	-74,25	134,44	177,95	-110,97	387,06	458,46	545,11	590,34	433,73	681,84
9 a 10	102,33	-150,42	-617,43	-107,25	-410,58	-451,96	-221,79	62,91	400,29	161,86	80,26	163,22
10 a 11	-114,26	-438,70	-1035,67	-624,25	-394,75	-672,59	-611,78	-228,74	-379,96	-507,26	2,64	-237,08
11 a 12	1505,46	-761,97	-1338,27	-820,34	-579,70	-1195,74	-796,58	-810,38	-699,46	-354,80	3,70	-433,76
12 a 13	-208,28	-395,50	-1448,07	-814,75	-1237,41	-1081,82	-943,69	-980,61	-819,16	-914,34	-185,37	61,59
13 a 14	13,95	-486,34	-1293,38	-1020,03	-1033,99	-1319,92	-952,22	-619,02	-1028,93	-831,31	-472,31	73,26
14 a 15	569,19	-799,84	-1078,28	-1036,03	-1286,73	-1109,96	-1281,13	-1323,62	-998,66	-445,15	-613,77	-167,87
15 a 16	-31,76	-485,77	-605,55	-848,60	-960,59	-624,03	-827,94	-980,69	-1106,91	-618,82	-271,39	35,59
16 a 17	390,84	-27,33	-416,55	-661,49	-975,09	-491,63	-955,37	-918,27	-486,38	-742,78	6,33	192,63
17 a 18	394,43	133,98	5,54	-502,57	-521,77	-556,15	-486,67	-683,26	-175,57	-319,54	220,91	845,29
18 a 19	612,00	499,84	315,64	-138,83	-239,36	-83,31	-44,48	-56,77	230,08	173,93	532,00	644,00
19 a 20	495,00	712,00	585,80	410,81	302,27	798,88	915,74	340,39	777,42	632,22	327,00	367,00
20 a 21	452,00	941,00	1324,00	653,35	310,61	758,78	739,90	1038,82	861,21	884,00	956,00	754,00
21 a 22	520,00	1258,00	1900,00	595,00	551,74	1257,62	1083,48	807,00	1148,00	1034,00	617,00	1009,00
22 a 23	458,00	563,00	1073,00	596,00	775,00	782,00	644,00	612,00	671,00	1163,00	823,00	414,00
23 a 24	383,00	449,00	940,00	480,00	393,00	386,00	599,00	902,00	710,00	817,00	753,00	512,00
Wh/dia disponibles per emmagatzemar	354,30	3545,86	7907,46	6574,14	7639,96	7698,06	7121,65	6601,36	5695,02	4733,99	1542,85	838,71
Wh/dia emmagatzemats	354,30	3545,86	6600,00	6574,14	6600,00	6600,00	6600,00	6600,00	5695,02	4733,99	1542,85	838,71
Wh/dia (consumits - emmagatzemats)	10076,62	3680,26	2136,75	581,07	-45,87	1053,70	1201,48	830,43	2917,08	4422,36	6575,73	8086,70
Wh/dia consumits de xarxa	10076,62	3680,26	2136,75	581,07	0,00	1053,70	1201,48	830,43	2917,08	4422,36	6575,73	8086,70
Wh/mes consumits de xarxa	302298,70	110407,77	64102,54	17432,00	0,00	31610,86	36044,43	24913,01	87512,51	132670,74	197271,80	242601,14
Wh/dia autoconsumits (panells+bateria)	6160,38	9599,74	11975,25	13718,93	14625,00	15920,30	17031,52	16110,57	13786,92	10650,64	7360,27	5427,30
Wh/mes autoconsumits (panells+bateria)	184811,30	287992,23	359257,46	411568,00	438750,00	477609,14	510945,57	483316,99	413607,49	319519,26	220808,20	162818,86
Energia autoconsumida [%]	37,94	72,29	84,86	95,94	100,00	93,79	93,41	95,10	82,54	70,66	52,81	40,16
Mitjana autoconsumit [%]	77,40											
Wh/dia excedentaris	0,00	0,00	1307,46	0,00	1085,83	1098,06	521,65	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00
Wh/mes excedentaris	0,00	0,00	39223,84	0,00	32574,90	32941,85	15649,36	40,87	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 15: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 8 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".

Els valors negatius de la taula 15 son els que produeixen els panells i no s'arriben a consumir, al disposar d'una bateria amb una capacitat útil de 6600 W, aquests Watts hora sobrants són els que s'emmagatzemen en aquesta, que equivaldrien als Wh/dia emmagatzemats. Els mesos en que hi ha poca radiació, del novembre al gener, pràcticament no es carrega però del març a l'agost arriba al 100%. Com a conseqüència, l'energia autoconsumida augmenta fins una mitjana del 77,40% i pràcticament no es generen excedents.

A continuació es realitza l'estudi econòmic considerant la injecció 0 i la venda d'excedents.

Injecció 0

En aquest cas no hi ha excedents, els panells només produeixen per satisfer el consum de l'habitatge i per carregar la bateria. Si la bateria està plena, els panells únicament produiran el consum instantani que s'estigui fent. Es pot veure els càlculs econòmics en la taula 16.

Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0													
	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	302,30	110,41	64,10	17,43	0,00	31,61	36,04	24,91	87,51	132,67	197,27	242,60	1246,87
KWh/mes autoconsumits (panells+bateria)	184,81	287,99	359,26	411,57	438,75	477,61	510,95	483,32	413,61	319,52	220,81	162,82	4271,00
Estalvi mensual autoconsumit [€]	24,03	37,44	46,70	53,50	57,04	62,09	66,42	62,83	53,77	41,54	28,71	21,17	555,23
Estalvi mitjà mensual [€]	46,27												
Estalvi anual autoconsum [€]	555,23												
Retorn inversió [anys]	26,02												
Estalvi en 25 anys [€]	13880,76												
Benefici en 25 anys [€]	-564,85												

Taula 16: Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0.

L'autoconsum ha augmentat fins als 4271 kWh anuals, representant el 77,4%. L'estalvi mitjà mensual ha passat a 46,27 € per tant, es pot estalviar anualment 555,23 €.

Tot i tenir un estalvi força elevat, la instal·lació no és rentable ja que el retorn de la inversió es dispara fins als 26,02 anys, principalment degut a l'alt cost de la bateria, sobrepassant la vida útil de la instal·lació. Com a conseqüència no hi ha benefici en els 25 anys sinó pèrdues de 564,85 €.

Venda d'excedents

Es considera la venda d'excedents però, com que se n'han generat molt pocs, hi haurà poca diferència respecte la injecció 0. Es pot comprovar en la taula 17.

Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	302,30	110,41	64,10	17,43	0,00	31,61	36,04	24,91	87,51	132,67	197,27	242,60	1246,87
kWh/mes autoconsumits	184,81	287,99	359,26	411,57	438,75	477,61	510,95	483,32	413,61	319,52	220,81	162,82	4271,00
kWh/mes excedentaris	0,00	0,00	39,22	0,00	32,57	32,94	15,65	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	120,43
Estalvi mensual autoconsumit [€]	24,03	37,44	46,70	53,50	57,04	62,09	66,42	62,83	53,77	41,54	28,71	21,17	555,23
Estalvi mensual excedents [€]	0,00	0,00	2,08	0,00	1,73	1,75	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,38
Estalvi resultant [€]	24,03	37,44	48,78	53,50	58,76	63,84	67,25	62,83	53,77	41,54	28,71	21,17	561,61
Estalvi mitjà resultant [€]	46,80												
Estalvi anual autoconsum [€]	561,61												
Retorn inversió [anys]	25,72												
Estalvi en 25 anys [€]	14040,34												
Benefici en 25 anys [€]	-405,28												

Taula 17: Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents.

Tal i com s'ha previst la variació és mínima, la instal·lació continua sent inviable ja que el retorn de la inversió es manté per sobre dels 25 anys, concretament als 25,72 anys, amb unes pèrdues de -405,28 € al final de la vida útil.

10.2.2. Instal·lació amb 12 panells + bateria

Atès que en aquesta altra instal·lació hi ha 4 panells més, hi ha més producció d'energia i per tant se'n pot emmagatzemar més. Per aquest motiu s'ha escollit una bateria amb més capacitat, que és la LG Chem Resu 10H de liti, disposant d'una capacitat útil de 9,3 kWh.

En la taula 18 es pot veure com varia la producció i gestió de l'energia afegint una bateria.

En aquest cas hi ha una producció molt més elevada que permet carregar la bateria al 100% (9300 W) tots els mesos menys el novembre, desembre i gener, arribant a aconseguir el 91,70% d'autoconsum anual. Com a conseqüència gairebé no s'arriba a consumir de la xarxa.

Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	637,00	301,00	359,00	656,00	777,00	757,00	682,00	374,00	424,00	812,00	573,00	652,00
1 a 2	1057,00	229,00	352,00	619,00	891,00	915,00	743,00	284,00	387,00	784,00	612,00	318,00
2 a 3	343,00	230,00	355,00	626,00	487,00	337,00	340,00	234,00	352,00	259,00	327,00	330,00
3 a 4	344,00	340,00	357,00	559,00	306,00	317,00	325,00	344,00	347,00	576,00	254,00	370,00
4 a 5	360,00	330,00	236,00	571,00	311,00	318,00	387,00	522,00	461,00	263,00	283,00	246,00
5 a 6	329,00	331,00	232,00	511,00	392,00	287,00	277,00	454,00	333,00	254,00	321,00	322,00
6 a 7	409,00	334,00	436,00	359,00	512,00	346,70	444,00	345,00	357,00	320,00	287,00	416,00
7 a 8	555,00	356,00	205,15	374,41	310,34	302,91	167,45	627,77	608,00	432,00	706,00	518,00
8 a 9	467,58	85,45	-364,88	-14,84	-50,08	-376,95	136,09	266,70	456,17	579,01	383,59	666,26
9 a 10	-98,50	-505,63	-1145,15	-463,88	-847,37	-932,94	-704,18	-361,13	86,44	-19,71	-174,11	-6,17
10 a 11	-462,39	-976,04	-1756,00	-1178,88	-1028,12	-1356,38	-1317,66	-879,11	-926,94	-912,89	-414,03	-546,12
11 a 12	1058,19	-1423,95	-2188,91	-1535,01	-1372,55	-2044,11	-1686,88	-1646,57	-1440,19	-943,70	-523,45	-835,15
12 a 13	-703,42	-1117,25	-2359,61	-1637,63	-2137,62	-2041,22	-1960,03	-1943,42	-1692,74	-1629,01	-766,06	-385,11
13 a 14	-478,08	-1201,01	-2195,57	-1893,04	-1983,48	-2330,88	-2028,33	-1641,03	-1965,39	-1605,46	-1048,46	-370,61
14 a 15	129,28	-1444,26	-1903,42	-1900,54	-2226,59	-2110,44	-2346,19	-2335,43	-1925,50	-1212,22	-1130,16	-563,30
15 a 16	-375,64	-1002,16	-1291,33	-1647,39	-1833,89	-1554,54	-1813,40	-1914,04	-1953,86	-1314,22	-677,59	-270,62
16 a 17	177,26	-371,49	-912,82	-1342,73	-1729,13	-1296,94	-1800,06	-1711,40	-1190,57	-1308,17	-252,00	7,94
17 a 18	328,15	-21,53	-273,19	-1022,36	-1112,65	-1191,22	-1141,00	-1286,89	-686,86	-709,30	126,87	803,93
18 a 19	612,00	484,26	228,97	-470,25	-639,05	-518,97	-478,72	-441,16	-63,38	-20,10	532,00	644,00
19 a 20	495,00	712,00	580,70	265,21	96,91	566,33	699,61	169,58	679,12	594,83	327,00	367,00
20 a 21	452,00	941,00	1324,00	616,53	234,41	672,67	671,35	991,24	849,31	884,00	956,00	754,00
21 a 22	520,00	1258,00	1900,00	595,00	533,61	1213,43	1064,21	807,00	1148,00	1034,00	617,00	1009,00
22 a 23	458,00	563,00	1073,00	596,00	775,00	782,00	644,00	612,00	671,00	1163,00	823,00	414,00
23 a 24	383,00	449,00	940,00	480,00	393,00	386,00	599,00	902,00	710,00	817,00	753,00	512,00
Wh/dia disponibles per emmagatzemar	2118,02	8063,32	14390,88	13106,55	14960,52	15754,59	15276,47	14160,17	11845,41	9674,80	4985,87	2977,08
Wh/dia emmagatzemats	2118,02	8063,32	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	4985,87	2977,08
Wh/dia (consumits - emmagatzemats)	6996,44	-1119,61	-721,18	-2471,85	-3280,73	-2098,96	-2120,28	-2366,72	-1430,96	-528,16	2895,59	5373,06
Wh/dia consumits de xarxa	6996,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2895,59	5373,06
Wh/mes consumits de xarxa	209893,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86867,69	161191,71
Wh/dia autoconsumits (panells+bateria)	9240,56	13280,00	14112,00	14300,00	14625,00	16974,00	18233,00	16941,00	16704,00	15073,00	11040,41	8140,94
Wh/mes autoconsumits (panells+bateria)	277216,95	398400,00	423360,00	429000,00	438750,00	509220,00	546990,00	508230,00	501120,00	452190,00	331212,31	244228,29
Energia autoconsumida [%]	56,91	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	79,22	60,24
Mitjana autoconsumit [%]	91,70											
Wh/dia excedentaris	0,00	1119,61	5812,07	6278,40	8941,25	8553,55	8096,75	7226,89	3976,37	902,96	0,00	0,00
Wh/mes excedentaris	0,00	33588,34	174361,96	188352,00	268237,35	256606,48	242902,40	216806,79	119291,23	27088,89	0,00	0,00

Taula 18: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".

Injecció 0

Tal i com es pot veure en la taula 19, el consum de xarxa és de tant sols 457,95 kWh anuals, aconseguint un estalvi de 657,79 € anuals però, tot i així el retorn de la inversió es continua mantenint molt elevat arribant als 26,26 anys, per tant es segueix amb pèrdues de 831,84 €.

Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	209,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,87	161,19	457,95
kWh/mes autoconsumits	277,22	398,40	423,36	429,00	438,75	509,22	546,99	508,23	501,12	452,19	331,21	244,23	5059,92
Estalvi mensual autoconsumit [€]	36,04	51,79	55,04	55,77	57,04	66,20	71,11	66,07	65,15	58,78	43,06	31,75	657,79
Estalvi anual autoconsum [€]	657,79												
Retorn inversió [anys]	26,26												
Estalvi en 25 anys [€]	16444,73												
Benefici en 25 anys [€]	-831,84												

Taula 19: Estudi econòmic amb bateria considerant injecció 0.

Venda d'excedents

Al disposar de 12 panells es generen més excedents, i si aquests es poden vendre a xarxa augmenta l'estalvi econòmic tal i com mostra la taula 20. Respecte a la injecció 0, el retorn de la inversió es redueix als 23,39 anys, estalviant uns 80 € més cada any, obtenint així un benefici en 25 anys de 1191,74 €.

Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes consumits de xarxa	209,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,87	161,19	457,95
kWh/mes autoconsumits	277,22	398,40	423,36	429,00	438,75	509,22	546,99	508,23	501,12	452,19	331,21	244,23	5059,92
kWh/mes excedentaris	0,00	33,59	174,36	188,35	268,24	256,61	242,90	216,81	119,29	27,09	0,00	0,00	1527,24
Estalvi mensual autoconsumit [€]	36,04	51,79	55,04	55,77	57,04	66,20	71,11	66,07	65,15	58,78	43,06	31,75	657,79
Estalvi mensual excedents [€]	0,00	1,78	9,24	9,98	14,22	13,60	12,87	11,49	6,32	1,44	0,00	0,00	80,94
Estalvi resultant [€]	36,04	53,57	64,28	65,75	71,25	79,80	83,98	77,56	71,47	60,22	43,06	31,75	738,73
Estalvi anual autoconsum [€]	738,73												
Retorn inversió [anys]	23,39												
Estalvi en 25 anys [€]	18468,32												
Benefici en 25 anys [€]	1191,74												

Taula 20: Estudi econòmic amb bateria considerant la venda d'excedents.

10.2.3. Pressupost instal·lació 8 i 12 panells + bateria

En la taula 21 es pot veure com varien els pressupostos si es vol afegir una bateria. Tant sols la bateria LG Chem Resu 7H per 8 panells, costa més que tota la instal·lació anterior sense bateria. A més, s'ha d'afegir l'inversor per controlar la càrrega i descàrrega de la bateria i més mà d'obra. Molt similar passa en el cas dels 12 panells + bateria.

La variació entre ambdós pressupostos es la diferència de panells, la bateria que en el cas de 12 panells té més capacitat i la mà d'obra.

El pressupost total pels 8 panells + bateria és de 14445,61 € i pels 12 panells + bateria és de 17276,57 €.

Pressupost 8 panells + bateria			
Components	Preu unitari [€]	Quantitat	Import [€]
Aparells			
Panell REC N-PEAK SERIE mono 330Wp	249,99	8	1999,92
Inversor monofàsic Fronius Galvo 2.5-1	1266,52	1	1266,52
Bateria liti LG Chem Resu 7H	5854,46	1	5854,46
Sunny boy storage 2.5	1300,62	1	1300,62
Fronius Smart Meter 63A-1	125	1	125
Connector mascle MC4	3,44	2	6,88
Connector femella MC4	3,66	2	7,32
Estructura			
Grapes intermitges	1,73	25	43,25
Grapes finals	1,36	25	34
Tornilleria grapes	1,2	35	42
Estructura suport	36,7	8	293,6
Cablejat			
Cablejat CC - 1m2	1,43	90	128,7
Cablejat CA - 1m2	1,12	30	33,6
Tub PVC	1,14	50	57
Manguitos PVC	0,57	10	5,7
Corbes PVC	0,67	10	6,7
Proteccions			
Caixa proteccions	8,5	2	17
Proteccions CC	-	-	62,5
Proteccions CA	-	-	38,4
Instal·lació			
	hores	€/hora	
Mà d'obra	48	17	816
Total execució material			
12139,17			
Despeses generals	13%	-	1578,09
Benefici industrial	6%	-	728,35
Total despeses generals i benefici industrial			
2306,44			
Total pressupost			
14445,61			

Pressupost 12 panells + bateria			
Components	Preu unitari [€]	Quantitat	Import [€]
Aparells			
Panell REC N-PEAK SERIE mono 330Wp	249,99	12	2999,88
Inversor monofàsic Fronius Primo 3.5-1	1318,44	1	1318,44
Bateria liti LG Chem Resu 10H	6880,74	1	6880,74
Sunny boy storage 2.5	1300,62	1	1300,62
Fronius Smart Meter 63A-1	125	1	125
Connector mascle MC4	3,44	2	6,88
Connector femella MC4	3,66	2	7,32
Estructura			
Grapes intermitges	1,73	25	43,25
Grapes finals	1,36	25	34
Tornilleria grapes	1,2	50	60
Estructura suport	36,7	12	440,4
Cablejat			
Cablejat CC - 1m2	1,43	90	128,7
Cablejat CA - 1m2	1,12	30	33,6
Tub PVC	1,14	50	57
Manguitos PVC	0,57	10	5,7
Corbes PVC	0,67	10	6,7
Proteccions			
Caixa proteccions	8,5	2	17
Proteccions CC	-	-	62,5
Proteccions CA	-	-	38,4
Instal·lació			
	hores	€/hora	
Mà d'obra	56	17	952
Total execució material			
14518,13			
Despeses generals	13%	-	1887,36
Benefici industrial	6%	-	871,09
Total despeses generals i benefici industrial			
2758,44			
Total pressupost			
17276,57			

Taula 21: Pressupost de 8 i 12 panells + bateria

10.3. Instal·lació fotovoltaica amb panells, bateries i generador

En aquest últim tipus d'instal·lació s'acompanyen els panells i les bateries amb un generador, de manera que quan no es disposa d'energia autoproduïda el grup passa a ser la font elèctrica de l'habitatge. Al disposar d'aquesta font addicional d'energia, només es tindrà en compte la possibilitat de desconnectar-se de xarxa ja que tot i que hi pugui haver dies o setmanes molt desfavorables amb una radiació molt baixa o nul·la, el generador s'encarregarà de cobrir la demanda. A més, mirat des d'un punt de vista econòmic la desconnexió de xarxa permet estalviar tots els impostos fixos de la factura elèctrica. La inversió inicial de la instal·lació és bastant més elevada i contemplar la possibilitat de seguir connectats a xarxa no té sentit perquè llavors no seria necessari el generador.

La instal·lació amb 8 panells es pot deduir que no serà gens viable en comparació amb la de 12, ja que estant desconnectats de xarxa el que interessa és intentar cobrir el màxim de consum en les hores de radiació, al mateix temps poder carregar les bateries i que el generador funcioni el mínim possible.

Com a conclusió no és necessari estudiar la possibilitat d'instal·lar només 8 panells ja que s'ha de cobrir més del 20% de la demanda total de l'habitatge amb el grup i en la majoria dels mesos la bateria de 6600 W no arriba a carregar-se al 100%.

El grup electrogen que s'ha escollit és el Kipor Diesel KDE6700TA de 5 kW de potència, les seves principals característiques s'han explicat anteriorment. A l'hora de fer els càlculs tant energètics com econòmics es considera que la potència en la que treballa és de 2500 W.

10.3.1. Instal·lació amb 12 panells + bateries + generador

L'única diferència que hi ha en aquest tipus d'instal·lació respecte a la de panells + bateria és que l'energia no s'agafa de xarxa per cobrir la demanda energètica sinó que s'alimenta del generador i així permet la desconnexió de xarxa.

En la taula 22 es pot veure que no hi ha cap canvi, l'energia que anteriorment es cobria per la xarxa ara es alimenta pel generador, que ha de cobrir el 8,3% del consum total de l'habitatge.

Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh]												
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre
24 a 1	637,00	301,00	359,00	656,00	777,00	757,00	682,00	374,00	424,00	812,00	573,00	652,00
1 a 2	1057,00	229,00	352,00	619,00	891,00	915,00	743,00	284,00	387,00	784,00	612,00	318,00
2 a 3	343,00	230,00	355,00	626,00	487,00	337,00	340,00	234,00	352,00	259,00	327,00	330,00
3 a 4	344,00	340,00	357,00	559,00	306,00	317,00	325,00	344,00	347,00	576,00	254,00	370,00
4 a 5	360,00	330,00	236,00	571,00	311,00	318,00	387,00	522,00	461,00	263,00	283,00	246,00
5 a 6	329,00	331,00	232,00	511,00	392,00	287,00	277,00	454,00	333,00	254,00	321,00	322,00
6 a 7	409,00	334,00	436,00	359,00	512,00	346,70	444,00	345,00	357,00	320,00	287,00	416,00
7 a 8	555,00	356,00	205,15	374,41	310,34	302,91	167,45	627,77	608,00	432,00	706,00	518,00
8 a 9	467,58	85,45	-364,88	-14,84	-50,08	-376,95	136,09	266,70	456,17	579,01	383,59	666,26
9 a 10	-98,50	-505,63	-1145,15	-463,88	-847,37	-932,94	-704,18	-361,13	86,44	-19,71	-174,11	-6,17
10 a 11	-462,39	-976,04	-1756,00	-1178,88	-1028,12	-1356,38	-1317,66	-879,11	-926,94	-912,89	-414,03	-546,12
11 a 12	1058,19	-1423,95	-2188,91	-1535,01	-1372,55	-2044,11	-1686,88	-1646,57	-1440,19	-943,70	-523,45	-835,15
12 a 13	-703,42	-1117,25	-2359,61	-1637,63	-2137,62	-2041,22	-1960,03	-1943,42	-1692,74	-1629,01	-766,06	-385,11
13 a 14	-478,08	-1201,01	-2195,57	-1893,04	-1983,48	-2330,88	-2028,33	-1641,03	-1965,39	-1605,46	-1048,46	-370,61
14 a 15	129,28	-1444,26	-1903,42	-1900,54	-2226,59	-2110,44	-2346,19	-2335,43	-1925,50	-1212,22	-1130,16	-563,30
15 a 16	-375,64	-1002,16	-1291,33	-1647,39	-1833,89	-1554,54	-1813,40	-1914,04	-1953,86	-1314,22	-677,59	-270,62
16 a 17	177,26	-371,49	-912,82	-1342,73	-1729,13	-1296,94	-1800,06	-1711,40	-1190,57	-1308,17	-252,00	7,94
17 a 18	328,15	-21,53	-273,19	-1022,36	-1112,65	-1191,22	-1141,00	-1286,89	-686,86	-709,30	126,87	803,93
18 a 19	612,00	484,26	228,97	-470,25	-639,05	-518,97	-478,72	-441,16	-63,38	-20,10	532,00	644,00
19 a 20	495,00	712,00	580,70	265,21	96,91	566,33	699,61	169,58	679,12	594,83	327,00	367,00
20 a 21	452,00	941,00	1324,00	616,53	234,41	672,67	671,35	991,24	849,31	884,00	956,00	754,00
21 a 22	520,00	1258,00	1900,00	595,00	533,61	1213,43	1064,21	807,00	1148,00	1034,00	617,00	1009,00
22 a 23	458,00	563,00	1073,00	596,00	775,00	782,00	644,00	612,00	671,00	1163,00	823,00	414,00
23 a 24	383,00	449,00	940,00	480,00	393,00	386,00	599,00	902,00	710,00	817,00	753,00	512,00
Wh/dia disponibles per emmagatzemar	2118,02	8063,32	14390,88	13106,55	14960,52	15754,59	15276,47	14160,17	11845,41	9674,80	4985,87	2977,08
Wh/dia emmagatzemats	2118,02	8063,32	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	9300,00	4985,87	2977,08
Wh/dia (consumits - emmagatzemats)	6996,44	-1119,61	-721,18	-2471,85	-3280,73	-2098,96	-2120,28	-2366,72	-1430,96	-528,16	2895,59	5373,06
Wh/dia coberts pel generador	6996,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2895,59	5373,06
Wh/mes coberts pel generador	209893,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86867,69	161191,71
Wh/dia autoconsumits (panells+bateria)	9240,56	13280,00	14112,00	14300,00	14625,00	16974,00	18233,00	16941,00	16704,00	15073,00	11040,41	8140,94
Wh/mes autoconsumits (panells+bateria)	277216,95	398400,00	423360,00	429000,00	438750,00	509220,00	546990,00	508230,00	501120,00	452190,00	331212,31	244228,29
Energia autoconsumida [%]	56,91	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	79,22	60,24
Mitjana autoconsumit [%]	91,70											
Wh/dia excedentaris	0,00	1119,61	5812,07	6278,40	8941,25	8553,55	8096,75	7226,89	3976,37	902,96	0,00	0,00
Wh/mes excedentaris	0,00	33588,34	174361,96	188352,00	268237,35	256606,48	242902,40	216806,79	119291,23	27088,89	0,00	0,00

Taula 22: Energia consumida [Wh] - Energia produïda per 12 panells [Wh] "incloent bateria en la gestió de l'energia".

Tal i com s'ha dit, en la instal·lació es segueix cobrint el 91,70% de la demanda energètica amb autoconsum per tant, la resta s'haurà de cobrir amb el generador. Es pot comprovar a continuació com varien els càlculs econòmics amb la injecció 0 i la venda d'excedents.

Injecció 0

En la taula 23 es pot veure com varia l'estudi econòmic cobrint la demanda de xarxa amb el generador i considerant la injecció 0. L'estalvi anual amb l'autoconsum es segueix mantenint als 657,79 € però s'ha de tenir en compte que al desconnectar-se de xarxa hi ha un estalvi econòmic important en l'impost fix mensual de la factura elèctrica que en aquest cas és d'uns 45 € mensuals, és a dir 540 € anuals. A més, s'ha de descomptar la despesa de gasoil produïda pel generador que varia cada mes segons la quantitat d'energia que hagi de cobrir, en aquest cas són únicament tres mesos els que aquest està funcionant i genera una despesa de 254,80 € anuals.

Així doncs, es pot concloure que hi ha un estalvi anual resultant de 942,98 €, un retorn de la inversió de 20,69 anys i un benefici de 4066,34 € als 25 anys.

Estudi econòmic amb bateria i generador considerant injecció 0													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes coberts pel generador	209,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,87	161,19	457,95
KWh/mes autoconsumits	277,22	398,40	423,36	429,00	438,75	509,22	546,99	508,23	501,12	452,19	331,21	244,23	5059,92
Estalvi mensual autoconsumit [€]	36,04	51,79	55,04	55,77	57,04	66,20	71,11	66,07	65,15	58,78	43,06	31,75	657,79
Estalvi anual autoconsum [€]	657,79												
Estalvi anual impost fix [€]	540,00												
Despesa de gasoil del generador [€]	116,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,33	89,69	254,80
Despesa anual de gasoil [€]	254,80												
Estalvi anual resultant [€]	942,98												
Retorn inversió [anys]	20,69												
Estalvi en 25 anys [€]	23574,61												
Benefici en 25 anys [€]	4066,34												

Taula 23: Estudi econòmic amb bateria i generador considerant injecció 0.

Venda d'excedents

Com en les altres instal·lacions, considerant la venda d'excedents hi ha una mica més d'estalvi degut a que l'energia sobrant es compensa a un preu el kWh establert. Es pot veure la variació en la taula 24.

L'estalvi anual passa de 942,98 € a 1023,93 €, i com a conseqüència el retorn de la inversió baixa als 19,05 anys i el benefici augmenta fins als 6089,92 €.

Estudi econòmic amb bateria i generador considerant la venda d'excedents													
Hores	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
kWh/mes coberts pel generador	209,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	86,87	161,19	457,95
KWh/mes autoconsumits	277,22	398,40	423,36	429,00	438,75	509,22	546,99	508,23	501,12	452,19	331,21	244,23	5059,92
KWh/mes excedentaris	0,00	33,59	174,36	188,35	268,24	256,61	242,90	216,81	119,29	27,09	0,00	0,00	1527,24
Estalvi mensual autoconsumit [€]	36,04	51,79	55,04	55,77	57,04	66,20	71,11	66,07	65,15	58,78	43,06	31,75	657,79
Estalvi mensual excedents [€]	0,00	1,78	9,24	9,98	14,22	13,60	12,87	11,49	6,32	1,44	0,00	0,00	80,94
Estalvi mensual impost fix [€]	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	540,00
Despesa de gasoil del generador [€]	116,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,33	89,69	254,80
Estalvi resultant [€]	-35,75	98,57	109,28	110,75	116,25	124,80	128,98	122,56	116,47	105,22	39,72	-12,94	1023,93
Estalvi anual resultant [€]	1023,93												
Retorn inversió [anys]	19,05												
Estalvi en 25 anys [€]	25598,20												
Benefici en 25 anys [€]	6089,92												

Taula 24: Estudi econòmic amb bateria i generador considerant la venda d'excedents.

10.3.2. Pressupost instal·lació 12 panells + bateria + generador

El pressupost de la taula 25 és el de la última instal·lació que consta de panells fotovoltaics + bateria + generador, el qual permet la desconexió total de la xarxa elèctrica. L'únic que s'ha afegit respecte als panells + bateria és el generador elèctric i una mica més de mà d'obra per realitzar les pertinents connexions.

El preu total del pressupost és de 19508,28 €.

Pressupost 12 panells + bateria + generador			
Components	Preu unitari [€]	Quantitat	Import [€]
Aparells			
Panell REC N-PEAK SERIE mono 330Wp	249,99	12	2999,88
Inversor monofàsic Fronius Primo 3.5-1	1318,44	1	1318,44
Bateria liti LG Chem Resu 10H	6880,74	1	6880,74
Sunny boy storage 2.5	1300,62	1	1300,62
Generador Kipor KDE 6700 TA	1739,38	1	1739,38
Fronius Smart Meter 63A-1	125	1	125
Connector mascle MC4	3,44	2	6,88
Connector femella MC4	3,66	2	7,32
Estructura			
Grapes intermitges	1,73	25	43,25
Grapes finals	1,36	25	34
Tornilleria grapes	1,2	50	60
Estructura suport	36,7	12	440,4
Cablejat			
Cablejat CC - 1m2	1,43	90	128,7
Cablejat CA - 1m2	1,12	30	33,6
Tub PVC	1,14	50	57
Manguitos PVC	0,57	10	5,7
Corbes PVC	0,67	10	6,7
Proteccions			
Caixa proteccions	8,5	2	17
Proteccions CC	-	-	62,5
Proteccions CA	-	-	38,4
Instal·lació			
	hores	€/hora	
Mà d'obra	64	17	1088
Total execució material			
16393,51			
Despeses generals	13%	-	2131,16
Benefici industrial	6%	-	983,61
Total despeses generals i benefici industrial			
3114,77			
Total pressupost			
19508,28			

Taula 25: Pressupost 12 panells + bateria + generador.

10.4. Comparació dels diferents tipus d'instal·lacions

En aquest últim apartat de l'estudi es fa una comparació de les diferents instal·lacions analitzades anteriorment. Per comentar-ho d'una manera més visual i pràctica, s'ha realitzat la taula 26.

Comparació dels diferent tipus d'instal·lacions				
Instal·lació	Cost inicial [€]	Autoconsumit [%]	Retorn inversió [anys]	Benefici als 25 anys [€]
8 panells (injecció 0)	5769,23	46,83	17,18	2628,24
8 panells (venta)			13,36	5023,31
12 panells (injecció 0)	7378,92	50,16	20,51	1616,25
12 panells (venta)			13,12	6676,97
8 panells + bateria (injecció 0)	14445,61	77,40	26,02	-564,85
8 panells + bateria (venta)			25,72	-405,28
12 panells + bateria (injecció 0)	17276,57	91,70	26,26	-831,84
12 panells + bateria (venta)			23,39	1191,74
12 panells + bateria + generador (injecció 0)	19508,28	91,70	20,69	4066,34
12 panells + bateria + generador (venta)			19,05	6089,92

Taula 26: Comparació dels diferents tipus d'instal·lacions.

Sigui quin sigui el tipus d'instal·lació, el fet de ficar-hi bateries fa augmentar més del doble el cost. Aquest fet fa que les instal·lacions amb bateries siguin poc rentables o bé inviables econòmicament.

En tots els estudis s'ha considerant una vida útil de 25 anys, que pel cas de les instal·lacions amb bateries és una xifra molt elevada i tot i així el retorn de la inversió sobrepassa els 25 anys en 3 dels casos (8 panells + bateria amb injecció 0 i venda d'excedents i 12 panells + bateria amb injecció 0), remarcats de color vermell en la taula. Per tant, malgrat que s'arriba a cobrir el 77,40% i el 91,70% de l'energia total consumida, es generen pèrdues de més de 500 €. Si es considera la venda en els 12 panells + bateria, remarcats de color vermell fluix en la taula, el retorn de la inversió es satisfà als 23,39 anys, essent igualment una xifra excessivament alta per l'alt cost de la instal·lació i els beneficis que pot arribar a generar, de tant sols 1191,74 €. Per aquests motius les 4 instal·lacions amb bateries s'han descartat.

Pel que fa a les últimes dos instal·lacions, 12 panells + bateria + generador amb injecció 0 o venda d'excedents, el cost és el més elevat amb un total de 19508,28 € però permet la desconexió total de la xarxa elèctrica. No obstant, el retorn de la inversió és també força alt, amb injecció 0 és als 20,69 anys i considerant la venda és als 19,05 anys. D'aquesta manera hi continua havent una inversió molt elevada pel retorn i els beneficis que aquesta genera,

4066,34 € i 6089,92 € respectivament. Així doncs, com que en el present projecte la desconexió de xarxa és totalment voluntària ja que la xarxa elèctrica hi arriba perfectament, es descarten aquestes dues opcions.

Finalment queden les instal·lacions sense bateria que són les més interessants econòmicament ja que el cost de la instal·lació és molt més baix i la rendibilitat més alta. Per tant, es pot dir que si s'ha de considerar la injecció 0, la millor opció és justament la instal·lació més senzilla, remarcada de color blanc a la taula, que únicament consta de 8 panells, amb un cost de tant sols 5769,23 €, un autoconsum del 46,83%, un retorn de la inversió als 17,18 anys i un benefici net de 2628,24 €.

Pel contrari, si s'ha de considerar la venda d'excedents, hi ha 2 opcions molt interessants remarcades de color blau a la taula. Una és també la d'únicament 8 panells, per la qual la inversió és la mateixa que l'anterior, de 5769,23€, però el retorn de la inversió baixa considerablement als 13,36 anys generant un benefici net de 5023,31 €, obtenint un baix cost amb una alta rendibilitat. La segona opció és la de 12 panells, amb un cost lleugerament superior, de 7378,92 €, un autoconsum del 50,16%, un retorn de la inversió molt similar, de 13,12 anys i un benefici net de 6676,97 €.

Atès que a curt termini els excedents es podran vendre a xarxa i que probablement el dia de demà hi hagi més consum en l'habitatge degut a les noves tecnologies, exemples clars poden ser el de la compra d'un cotxe elèctric o el de la instal·lació d'un termo elèctric per aprofitar més aquesta energia fotovoltaica, si m'hagués de decantar per una única opció escolliria la de 12 panells que en aquest cas, és el número màxim que permet la coberta de l'habitatge. A més, degut al probable augment de consum, faria encara més rendible la instal·lació, reduint el retorn de la inversió, augmentant l'energia autoconsumida i el benefici net.

11. Conclusions i futures perspectives

Primerament una instal·lació fotovoltaica depèn de múltiples factors, entre els quals es pot destacar la ubicació, la demanda energètica, l'orientació i la inclinació. La variació de qualsevol dels factors principals pot fer que la mateixa instal·lació no tingui res a veure tant en diferents habitatges com en habitatges molt similars. Per aquest motiu, per poder dimensionar una instal·lació fotovoltaica òptima, és necessari estudiar cada cas en particular.

En el present projecte s'ha estudiat i comparat diferents combinacions d'instal·lacions fotovoltaïques que es podrien instal·lar en l'habitatge en qüestió. S'ha pogut comprovar que pot haver més d'una instal·lació viable per un habitatge segons les necessitats tant energètiques com econòmiques que tingui i pugui tenir en un futur cadascú.

També molt important tenir en compte la variació que hi pot haver segons la normativa vigent.

Es pot dir que en l'habitatge estudiat hi ha dos instal·lacions òptimes segons si es considera injecció 0 o venda d'excedents. Considerant la injecció 0 destaca la instal·lació d'únicament 8 panells, amb un baix cost i una rendibilitat moderada. En el cas de la venda d'excedents la opció més òptima és la d'instal·lar 12 panells sense bateries ni generador, mantenint un cost relativament baix i una alta rendibilitat.

Les instal·lacions amb bateries s'han descartat degut al seu alt cost en comparació a instal·lar únicament panells solars, més del doble, tenint com a resultat una inversió molt més elevada i una rendibilitat en la majoria dels casos negativa. En un futur proper s'espera que el preu de les bateries baixi i que alhora tinguin més capacitat, això podrà fer que siguin més factibles aquest tipus d'instal·lacions. Ara per ara es podrien instal·lar en habitatges, granges, regs per al cultiu entre d'altres que estiguin aïllats de la xarxa elèctrica perquè no s'hi pot tenir accés.

A més a més, l'actual Real Decret 244/2019 del 5 d'abril, permet la venda d'excedents a xarxa i fa encara més atractives les instal·lacions fotovoltaïques, sobretot les que únicament consten de panells solars ja que l'energia sobrant no es perd sinó que s'envia a xarxa obtenint a final de mes una compensació econòmica, el balanç net, que pot arribar a equilibrar el consum nocturn.

Així doncs, es pot afirmar que una instal·lació fotovoltaica per autoconsum és totalment viable tant energèticament com econòmicament, alhora que es contribueix en la generació d'energia verda i per tant en la conservació del medi en el que vivim.

PLÀNOLS

1. Ubicació de la instal·lació

Vista en planta de la ubicació de la instal·lació



Cartografia cadastral



Unitat		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	
-	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinski	16/8/19		
Escala	Tema				Nº de Pla
-	Ubicació de la instal·lació				1/6

2. Ubicació dels panells

Coberta superior on s'ubicaran els panells



Coberta inferior descartada degut a les ombres



Unitat		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	 Universitat de Lleida
-	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinszki	16/8/19		
Escala	Tema			Nº de Pla	
-	Ubicació dels panells			2/6	

3. Orientació dels panells i amidaments de la coberta

Orientació de la coberta superior on s'ubicaran els panells



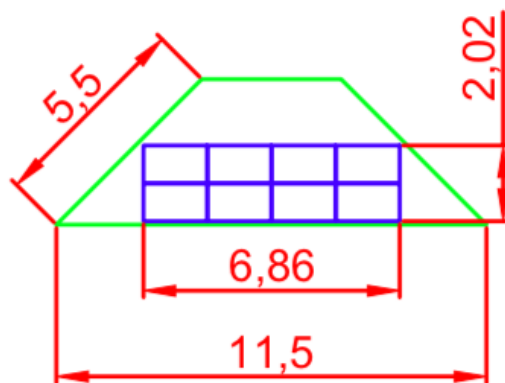
Amidaments de la coberta superior



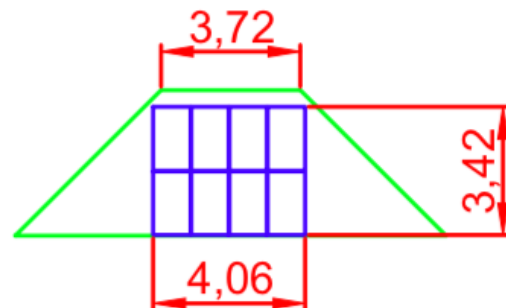
Unitat metres		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	 <small>Universitat de Lleida</small>
	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinski	16/8/19		
Escala 1:268	Tema Orientació dels panells i amidaments de la coberta				Nº de Pla 3/6

4. Distribució i amidaments dels 8 i 12 panells

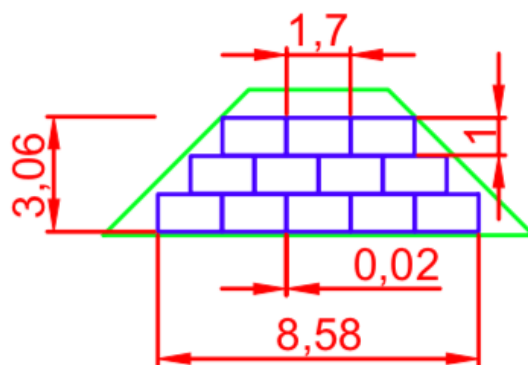
8 panells en horitzontal



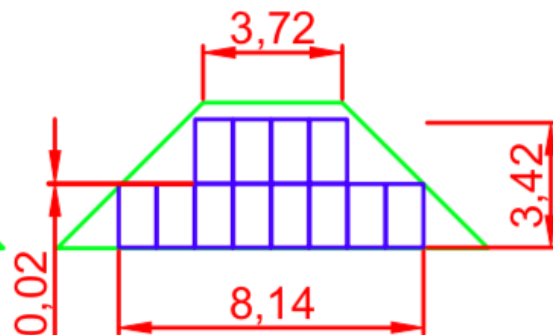
8 panells en vertical




12 panells en horitzontal



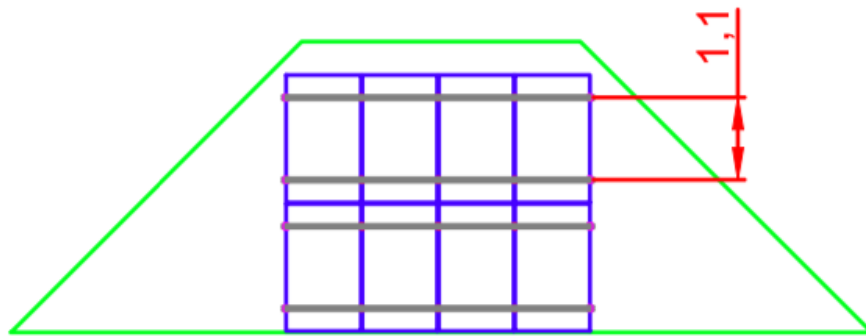
12 panells en vertical



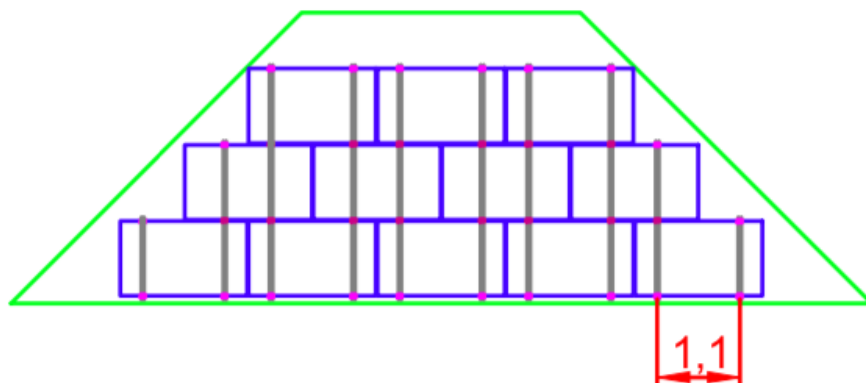
Unitat metres		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	 <small>Universitat de Lleida</small>
	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinski	16/8/19		
Escala 1:143	Tema Distribució i amidaments dels 8 i 12 panells				Nº de Pla 4/6


5. Estructura + grapes de les distribucions escollides

8 panells en vertical



12 panells en vertical



Unitat metres		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	 Universitat de Lleida
	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinski	16/8/19		
Escala 1:71	Tema Estrucutra + grapes de les distribucions escollides				Nº de Pla 5/6


6. Disseny final pels 8 i 12 panells

Disseny final pels 8 panells



Disseny final pels 12 panells



Unitat metres		Nom	Data	Grau en enginyeria mecànica Universitat de Lleida	
	Dibuixat	Eric Bertran	16/8/19		
	Revisat	Gabriel Zsembinski	16/8/19		
Escala 1:268	Tema Disseny final pels 8 i 12 panells				Nº de Pla 6/6

WEBGRAFIA

[1] Red eléctrica de España. “Las energías renovables en el sistema eléctrico español, 2017.”

Recuperat de:

https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2017.pdf

[2] *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*. Boletín oficial del Estado, 83, 6 de juny de 2019. Pàg: 35674 a 35719. Recuperat de <https://www.boe.es/boe/dias/2019/04/06/pdfs/BOE-A-2019-5089.pdf>

[3] P. Mosquera. Energías renovables, el periodismo de las energías limpias. “En el mundo ya hay medio teravatio de energía solar fotovoltaica instalada”. Recuperat de: <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/en-el-mundo-ya-hay-medio-teravatio-20190417>

[4] Unión Española Fotovoltaica. UNEF, España, 2018. “2017: el inicio de una nueva era para el sector fotovoltaico”, Recuperat de: https://unef.es/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/09/memo_unef_2017.pdf

[5] Organización de Consumidores y Usuarios. “PVPC: éstas son las horas baratas (y las caras).” Precio de la luz / OCU. Recuperat de: <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/pvpc-grafico-horas-baratas#>

[6] L. Dólera. Análisis del RD 900/2015 de autoconsumo. Recuperat de: http://www.f2e.es/uploads/doc/20151204091955.01_unef_autoconsumo_in_out.pdf

[7] Instituto Nacional de Estadística. “Temperaturas medias, horas de sol y precipitación acuosa.” Recuperat de: <https://www.ine.es/daco/daco42/bme/c19.pdf>

[8] Fronius. “En el corazón de cada instalación fotovoltaica.” Solar energy, productos y soluciones, inversor. Recuperat de: <https://www.fronius.com/es-es/spain/energia-solar>

[9] Centro Común de investigación (JRC. “Average Daily Solar Irradiance.” Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps. Recuperat de: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

[10] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. “Consumo de bienes o recursos por parte de quien los produce.” Autoconsumo / IDAE. Recuperat de: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/autoconsumo>

ANNEXOS

Annex I. Factura eléctrica



Endesa Energía XXI S.L.U.
Cif. B32846825
C/ Ribera del Loira 60, 28042 Madrid

DATOS DE LA FACTURA
IMPORTE FACTURA: 105,48 €

Periodo de consumo: 03/04/2019 a 06/05/2019
Fecha de cargo: 15 de mayo de 2019

FACTURA RESUMEN

Por potencia contratada	37,06 €
Por energía consumida	44,46 €
Impuesto electricidad	4,17 €
Alquiler equipos de medida y control	1,48 €
IVA normal (21%)	18,31 €
TOTAL IMPORTE FACTURA	105,48 €

INFORMACIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO

	Consumo en el periodo llano De 0h a 24h
Lectura anterior (real) (03-Abril-2019)	33.286 kWh
Lectura actual (real) (06-Mayo-2019)	33.677 kWh
Consumo en el periodo	391 kWh

Evolución del consumo

Su consumo medio diario en el periodo facturado ha sido de 3,20 €
Su consumo medio diario en los últimos 14 meses ha sido de 3,19 €
Su consumo acumulado del último año ha sido de 5.518 kWh

DATOS DEL CONTRATO

Fecha emisión factura: 08 de mayo de 2019

Peaje de acceso: 2.0A
Número de contador: 000030101
Potencia contratada: **9,959 kW**

Dirección de suministro: DELS ANGELS 4 ELS ANGELS, LLEIDA, LLEIDA
TIPO DE CONTRATO: **PVPC sin discriminación horaria.**
TIPO DE CONTRATO: **Con contador inteligente efectivamente integrado en el sistema de telegestión.**
Calculado utilizando el consumo horario real proporcionado por su distribuidora (Calidad del 100%).

Referencia del contrato de acceso (ENDESA DISTRIBUCION ELECTRICA): 000478549590
Fecha fin de contrato: 09 de octubre de 2019
(renovación anual automática)

- Atención al cliente (EEXXI): 800760333 (gratuito) www.endesaclientes.com/tarifasreguladas
- Averías y Urgencias (ENDESA DISTRIBUCION ELECTRICA): 800 76 07 06 (gratuito)
- Reclamaciones (EEXXI): 800760333 (atencionalcliente@endesaonline.com)
- Dirección postal reclamaciones(EEXXI): C/Ribera del Loira 60 28042 Madrid

Si no está de acuerdo con nuestra respuesta a su reclamación, puede reclamar al organismo administrativo competente: INFÓRMESE EN EL 012 (Teléfono de Atención Ciudadana).

DESTINO DEL IMPORTE DE LA FACTURA

El destino del importe de su factura, **105,48 euros**, es el siguiente:



A los importes indicados en el diagrama debe añadirse, en su caso, el importe del alquiler de los equipos de medida y control así como los conceptos no energéticos.

DETALLE DE LA FACTURA

Facturación por potencia contratada: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kW contratados por el precio del término de potencia del peaje de acceso y el número de días del periodo de facturación) y la facturación por margen de comercialización fijo.

Importe por peaje de acceso:		
9,959 kW x 38,043426 Eur/kW y año x (33/365) días	34,25 €	
Importe del término fijo de los costes de comercialización:		
9,959 kW x 3,113 Eur/kW y año x (33/365) días	2,81 €	
		37,06 €

Facturación por energía consumida: Comprende dos conceptos: la facturación por peaje de acceso (resultado de multiplicar los kWh consumidos en el periodo de facturación por el precio del término de energía del peaje de acceso) y la facturación por coste de la energía (resultado de multiplicar los kWh consumidos por el precio del término del coste horario de energía del PVPC).

Importe por peaje de acceso:		
391 kWh x 0,044027 Eur/kWh	17,21 €	
		44,46 €
Subtotal		81,52 €

Impuesto de electricidad: Impuesto especial al tipo del 5,11269632% sobre el producto de la facturación de la electricidad suministrada

Impuesto electricidad (81,52 X 5,11269632 %)	4,17 €
------------------------------------------------	--------

Alquiler de equipos de medida y control. Precio establecido que se paga por el alquiler de equipos de medida y control.

Alquiler equipos de medida y control (33 días x 0,044849 Eur/día)	1,48 €	
Subtotal otros conceptos		5,65 €

Importe total	87,17 €	
IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido al tipo del 21%		
IVA normal (21%) 21% s/ 87,17		18,31 €

TOTAL IMPORTE FACTURA **105,48 €**

Importe al que hubiera ascendido su factura en caso de haberse aplicado el resto de modalidades de discriminación horaria disponibles:

Modalidad con discriminación horaria en dos periodos (peaje 2.0DHA): 99,20 €
 Modalidad con discriminación horaria en tres periodos (peaje 2.0DHS): 99,51 €

Precios de los términos del peaje de acceso publicados en Orden TEC/1366/2018
 PVPC calculado según Real Decreto RD 216/2014
 Margen de comercialización fijo publicado en RD 469/2016. Orden ETU 1948/2016
 Precio del alquiler de los equipos de medida y control en Orden IET 1491/2013 de 3 de agosto
 Real Decreto-ley 15/2018 para la transición energética y protección de los consumidores.

(*) Si desea más información sobre su consumo y el precio del kWh, puede consultarlo en nuestra página web
<https://www.endesaclientes.com/tarifasreguladas> y sobre su consumo en la página web de su Distribuidor
<https://zonaprivada.endesadistribucion.es>

(**) Incluye el término variable horario de los costes de comercialización según lo establecido en el RD 469/2016 y en la Orden ETU/1948/2016.

Endesa Energía XXI está adherida al Sistema Arbitral de Consumo. Para ampliar la información sobre las reclamaciones que pueden ser tratadas a través del arbitraje consultar www.endesacur.com.

INFORMACIÓN PARA EL CONSUMIDOR

Usted tiene contratado el **PVPC sin discriminación horaria**. No obstante, también tiene otras **OPCIONES DE CONTRATACIÓN ALTERNATIVAS** al PVPC:

- Con la comercializadora de referencia: Usted podrá contratar un **precio fijo durante 12 meses**, que todas las comercializadoras de referencia están obligadas a ofertar. Dicho precio será fijado libremente por cada empresa comercializadora de referencia.
- Con cualquier comercializadora en el **mercado libre**: También puede contratar el suministro de energía eléctrica conforme al precio y las condiciones pactadas, en su caso, entre las partes.

En la página web de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, www.cnmc.es, podrá consultar y comparar las distintas ofertas vigentes de las comercializadoras de energía eléctrica, tanto las de precio fijo anual como las de mercado libre. Asimismo, podrá encontrar en esta página web el listado de los comercializadores que suministran en el mercado libre y las comercializadoras de referencia.

BONO SOCIAL PARA CONSUMIDORES VULNERABLES: Tienen derecho a acogerse al bono social aquellos consumidores vulnerables que cumplan con lo establecido en el Real Decreto 897/2017, de 6 de octubre. En todo caso, se circunscribirá a personas físicas en su vivienda habitual. Para solicitar o renovar el bono social, podrá hacerlo a través de la página web www.endesaclientes.com/bono-social-mercado-regulado, a través del correo electrónico bonosocial@endesa.es, por correo postal al Apartado de Correos 1.167, 41080-Sevilla, o llamando al teléfono 800 760 333. Dispone de información sobre los requisitos que deben cumplirse en el teléfono 800 760 333 o en la página web www.endesaclientes.com/bono-social-mercado-regulado.

OTRA INFORMACIÓN DE INTERÉS

Sus facturas se realizan mensualmente con base en lecturas reales.

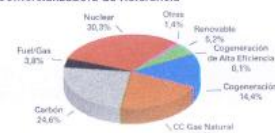
Puede encontrar más información en las siguientes direcciones web: Consumidores de energía e información sobre la factura: www.cnmc.es. Comparador de precios y ofertas de electricidad: <http://comparadorofertasenergia.cnmc.es>. Información sobre consumo eficiente y ahorro energético: www.idae.es. Red eléctrica de España: www.ree.es

INFORMACIÓN SOBRE SU ELECTRICIDAD

Mezcla de Producción en el sistema eléctrico español 2017



Mezcla Comercializadora de Referencia

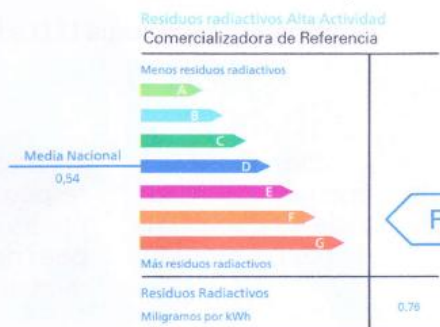


Origen	Mezcla Comercializadora de Referencia	Mezcla de Producción sistema eléctrico español
Renovable	5,2%	32,0%
Cogeneración de Alta Eficiencia	0,1%	0,7%
Cogeneración	14,4%	10,2%
CC Gas Natural	20,2%	14,4%
Carbón	24,6%	17,5%
Fuel/Gas	3,8%	2,7%
Nuclear	30,3%	21,5%
Otras	1,4%	1,0%

El sistema eléctrico nacional ha importado un 3,5% de producción neta total nacional

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El impacto ambiental de su electricidad depende de las fuentes energéticas utilizadas para su generación. En una escala de "A" a "G" donde "A" indica el mínimo impacto ambiental y "G" el máximo, y que el valor medio nacional corresponde al nivel D, la energía comercializada por su Comercializadora de Referencia tiene los siguientes valores:



Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y Competencia), <http://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?>


Annex II. Panells fotovoltaics

SOLAR'S MOST TRUSTED



REC
N-PEAK
SERIE

PANELES SOLARES MONO TIPO N
PREMIUM RENDIMIENTO DE
CATEGORÍA MUNDIAL



MONO TIPO N: LA
TECNOLOGÍA C-SI
MÁS EFICIENTE



SIN DEGRADACIÓN
INDUCIDA POR LA LUZ



MARCO EXTRA FUERTE
DE HASTA 7000 PA DE
CARGA DE NIEVE



OPCIONES DE
INSTALACIÓN
FLEXIBLES



MEJOR RENDIMIENTO
EN CONDICIONES DE
SOMBREADOS



ALTA POTENCIA
GARANTIZADA
DURANTE LA VIDA ÚTIL



¡AHORA
CON NUEVA
GARANTÍA!

330 W_P

20

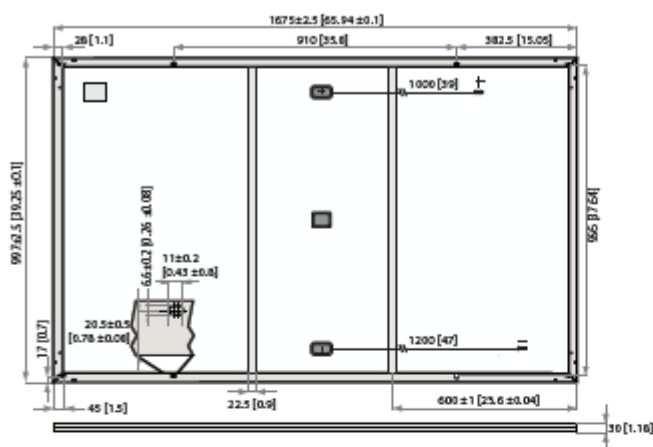
25

DE POTENCIA

AÑOS DE GARANTÍA
DE PRODUCTO

AÑOS DE GARANTÍA DE LA
POTENCIA NOMINAL

REC N-PEAK SERIE



Dimensiones en mm [in]

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC	Código de producto: RECxxxNP				
Potencia nominal - P_{MPP} (Wp)	310	315	320	325	330
Clasificación de potencia - (W)	-0/+5	-0/+5	-0/+5	-0/+5	-0/+5
Tensión nominal - U_{MPP} (V)	33,6	33,9	34,2	34,4	34,6
Corriente nominal - I_{MPP} (A)	9,24	9,31	9,37	9,46	9,55
Tensión a circuito abierto - U_{OC} (V)	40,2	40,5	40,8	41,0	41,3
Corriente corto circuito - I_{SC} (A)	10,01	10,09	10,18	10,27	10,36
Eficiencia del módulo (%)	18,6	18,9	19,2	19,5	19,8

Valores en condiciones estándar de prueba (STC): masa de aire AM1,5; irradiancia 1000 W/m²; temperatura 25°C. Basados en una distribución de producción con un ±3% de tolerancia de U_{OC} y I_{SC} en un tipo de potencia. En bajas irradiancias de 200 W/m² y condiciones STC es posible obtener, al menos el 95% de la eficiencia. *Dónde xx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente.

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ NMOT	Código de producto: RECxxxNP				
Potencia nominal - P_{MPP} (Wp)	234	238	241	245	249
Tensión nominal - U_{MPP} (V)	31,1	31,4	31,7	31,9	32,1
Corriente nominal - I_{MPP} (A)	7,51	7,56	7,62	7,69	7,76
Tensión a circuito abierto - U_{OC} (V)	37,3	37,5	37,8	38,0	38,3
Corriente corto circuito - I_{SC} (A)	8,01	8,07	8,14	8,22	8,29

Valores en condiciones nominales del módulo (NMOT): masa de aire AM1,5; irradiancia 800 W/m²; temperatura 20°C; velocidad del viento 1 m/s. *Dónde xx indica la clase de potencia nominal (P_{MPP}) en STC indicada anteriormente.

CERTIFICADOS



IEC 61215, IEC 617, ISO 4417, ISO 1703, MCS 005, IEC 62804, IEC 61701, correspondencia cableado - 1 y 2 al 5, IEC 62716 (resistencia al viento), UNI 9457/1074 (Clase A), ISO 11825-2 (Clase B), ISO 9001:2015, ISO 14001:2014, OHSAS 18001:2007

talika Energy Esquema talika-energy de reciclaje compatible WEEE

GARANTÍA

20 años de garantía de producto
25 años de garantía lineal de la potencia nominal
máxima degradación de rendimiento del 0.5% p.a.,
giving 86% at end of year 25.
Ver detalles en las Condiciones de Garantía

DATOS GENERALES

Tipo de célula:	120 células tipo mono cortadas
	6 cadenas de 20 células en serie n-type cells
	6 strings of 20 cells in series
Cristal:	Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante
Lámina posterior:	Políéster de alta resistencia
Marco:	Aluminio anodizado
Caja de conexiones:	IP67, en 3 partes, 3 diodos de derivación de conformidad con IEC 62790
Cable:	4 mm ² cable solar, 1,0 m + 1,2 m de conformidad con EN 50618
Conectores:	Stäubli MC4 PV-KBT4/KST4 (4 mm ²) de conformidad con IEC 62852 IP68 solo cuando se conecta
Origen:	Fabricado en Singapur

DATOS MECÁNICOS

Dimensiones:	1675 x 997 x 30 mm
Área:	1,67 m ²
Peso:	18 kg

LÍMITES OPERATIVOS

Margen de temperatura del módulo:	-40...+85°C
Voltaje máximo del sistema:	1000V
Carga de diseño (+): nieve	4666 Pa (475 kg/m ²)
Máxima carga de prueba (+):	7000 Pa (713 kg/m ²)
Carga de diseño (-): viento	1600 Pa (163 kg/m ²)
Máxima carga de prueba (-):	2400 Pa (245 kg/m ²)
Capacidad máxima del fusible:	25A
Máxima Corriente Inversa:	25A

* Factor de seguridad 1,5
* Ver manual de instalación para la instrucción de montaje

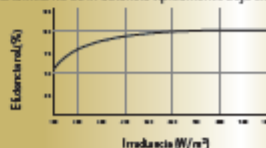
PARÁMETROS TÉRMICOS *

Temp. de operación nominal del módulo:	44°C (±2°C)
Coefficiente de temperatura para P_{MPP} :	-0.35 %/°C
Coefficiente de temperatura para V_{OC} :	-0.27 %/°C
Coefficiente de temperatura para I_{SC} :	0.04 %/°C

* Los coeficientes de temperatura mencionados son valores lineales

COMPORTAMIENTO LUMÍNICO BAJO

Rendimiento de irradiancia típicamente bajo en STC:



Fundada en Noruega en el año 1996, REC es una empresa líder en energía solar e integrada verticalmente. A través de la fabricación integrada desde el silicio a las obleas, células, paneles de alta calidad y extendiéndose a soluciones solares, REC ofrece al mundo una fuente fiable de energía limpia. La reconocida calidad del producto de REC es corroborada por el índice más bajo de reclamaciones de garantía en la industria. REC es una compañía del grupo Bluestar Elkem con sede central en Noruega y sede de operaciones en Singapur. REC con más de 2.000 empleados en el mundo, produce al año 1,5 GW de paneles fotovoltaicos.



Luzes por favor: la imagen de la superficie es solo una referencia y no es un producto.

Ref: REC-05-P-RV-B-0320

Annex III. Inversor

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging


FRONIUS PRIMO

/ El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía





/ Tecnología SnapInverter



/ Comunicación de datos integrada



/ Diseño SuperFlex



/ Seguimiento inteligente GMPP



/ Smart Grid Ready



/ Inyección cero

/ Dentro de la gama SnapInverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones en tejado. Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máxima corriente de entrada ($I_{a, \text{máx}}$ / $I_{a, \text{máx}}^{\text{CC}}$)	12 A / 12 A				
Máxima corriente de cortocircuito por serie PV (MPP/MPP)	18 A / 18 A				
Máxima tensión de entrada ($U_{a, \text{máx}}$)	80 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ($U_{a, \text{mín}}^{\text{CC}}$)	90 V				
Tensión de entrada nominal ($U_{a, \text{N}}$)	710 V				
Máxima tensión de entrada ($U_{a, \text{máx}}$)	1.000 V				
Rango de tensión MPP ($U_{\text{MPP, m\u00edn}}$ - $U_{\text{MPP, máx}}$)	200 - 800 V			210 - 800 V	240 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	2 + 2				
Máxima salida del generador PV ($P_{a, \text{máx}}$)	4,5 kW _{gen}	5,3 kW _{gen}	5,5 kW _{gen}	6,0 kW _{gen}	6,9 kW _{gen}

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA ($P_{a, \text{N}}$)	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA ($I_{a, \text{N}}$)	13,0 A	15,2 A	16,0 A	17,4 A	20,0 A
Acomodamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	< 5 %				
Factor de potencia ($\cos \phi_{a, \text{N}}$)	0,85 - 1 ind. / cap.				

DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC/CA) ¹⁾	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	4.000 m				
Tecnología de conexión CC	Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Tecnología de conexión principal	Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm ²				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CIE 0-21, VDE AR N 4105				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	97,9 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,0 %
Rendimiento europeo (η_{EU})	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
η con 5 % P_{max} ²⁾	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %	80,8 / 82,5 / 82,5 %
η con 10 % P_{max} ³⁾	84,1 / 86,5 / 86,1 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,3 / 93,6 / 91,8 %	86,6 / 93,9 / 92,2 %	86,9 / 94,4 / 92,9 %
η con 20 % P_{max} ³⁾	90,3 / 95,5 / 94,8 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	91,6 / 96,2 / 95,2 %	92,2 / 96,7 / 95,6 %	93,0 / 97,0 / 95,9 %
η con 25 % P_{max} ³⁾	91,8 / 96,4 / 95,1 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	92,7 / 96,9 / 95,8 %	93,2 / 97,2 / 96,1 %	93,9 / 97,2 / 96,6 %
η con 30 % P_{max} ³⁾	92,7 / 96,9 / 96,0 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	93,5 / 97,2 / 96,3 %	94,0 / 97,2 / 96,8 %	94,5 / 97,3 / 96,9 %
η con 50 % P_{max} ³⁾	94,5 / 97,4 / 97,0 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,0 / 97,7 / 97,3 %	95,2 / 97,8 / 97,4 %	95,6 / 97,9 / 97,6 %
η con 75 % P_{max} ³⁾	95,4 / 97,9 / 97,7 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,6 / 97,8 / 97,8 %	95,8 / 97,9 / 97,8 %	96,0 / 97,9 / 97,8 %
η con 100 % P_{max} ³⁾	95,7 / 97,9 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,8 / 98,0 / 97,8 %	95,9 / 98,0 / 97,9 %	96,2 / 97,9 / 98,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	SI				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	SI				
Protección contra polaridad inversa	SI				

INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solarweb, Modbus TCP SanSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 Inputs y 4 Inputs/Outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) ⁴⁾	Data logging, actualización de firmware vía USB				
2 conectores RJ 45 (RJ422) ⁵⁾	Fronius Solar Net				
Salida de aviso ⁶⁾	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencia)				
Data logger y Servidor web	Incluido				
Input externo ⁶⁾	Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SanSpec o conexión del contador				

¹⁾ De acuerdo con IEC 62109-1.

²⁾ Y con $U_{mpp\ min} / U_{dc} / U_{mpp\ max}$.

³⁾ También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en www.fronius.eu

Annex IV. Batteries

48V



Modelos		RESU3.3	RESU6.5	RESU10
Energía total [kWh]		3.3	6.5	9.8
Energía utilizable [kWh]		2.9	5.9	8.8
Capacidad [Ah]		63	126	189
Tensión nominal [V]		51.8	51.8	51.8
Rango de voltaje [V]		42.0~58.8	42.0~58.8	42.0~58.8
Potencia máxima [kW]		3.0	4.2	5.0
Pico de potencia [kW] (durante 3 seg)		3.3	4.6	7.0
Dimensión [H x A x P, mm]		452 x 401 x 120	452 x 654 x 120	452 x 483 x 227
Peso [kg]		31	52	75
Clasificación de protección hermética		IP55		
Comunicación		CAN 2.0 B		
Certificación	Célula	UL1642		
	Producto	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM		

Marcas de inversores compatibles : SMA, SolaX, Sungrow, Schneider Electric, Ingeteam, GoodWe, Redback, Victron Energy
(A partir del tercer trimestre de 2016 se agregarán más) Inversor compatible

RESU PLUS



RESU Plus es un kit de expansión diseñado especialmente para los modelos 48V de la nueva serie de RESU. Con RESU Plus, todos los modelos 48V pueden ser interconectados entre sí.

- Dimensiones: 385 x 240 x 65 (HxAxP, mm)
- Unidad de baterías expandibles: máx. 2 unidades.
- Clasificación IP55

400V



Models		RESU7H	RESU10H	
Energía total [kWh]		7.0	9.8	
Energía utilizable [kWh]		6.6	9.3	
Capacidad [Ah]		63	63	
Rango de voltaje [V]		350~450	350~450	385~550
Potencia máxima [kW]		3.5	5.0	
Pico de potencia [kW] (durante 10 seg)		5.0	7.0	
Dimensión [H x A x P, mm]		744 x 692 x 206	744 x 907 x 206	
Peso [kg]		76	97	99.8
Clasificación de protección hermética		IP55		
Comunicación		RS485	RS485	CAN 2.0 B
Certificación	Célula	UL 1642		
	Producto	TUV (IEC 62619) / CE / RCM	UL1973 / TUV (IEC 62619) / CE / FCC / RCM	

Marcas de inversores compatibles : SMA(RESU10H), SolarEdge(RESU7H,10H) (A partir del tercer trimestre de 2016 se agregarán más)

Annex V. Generador

GENERADORES DIESEL AVR

KDE6700TA

Características y ventajas

- .. Potencia máxima 5 kVA
- .. Potencia Nominal 4,5 kVA
- .. Alarma de aceite
- .. Insonorizado (73 db)
- .. Equipado con el motor KM186FAGET
- .. Nuevo AVR que reduce aún más la fluctuación de la corriente
- .. Kit de ruedas
- .. Panel digital de control
- .. Conexión ATS
- .. 30 mA
- .. 2 tomas de 230 V



Especificaciones Técnicas

GENERADOR

Frecuencia Nominal (Hz)	50
Volaje Nominal (V)	115/230
Corriente Nominal (A)	39,1/19,6
Potencia Nominal (kVA)	4,5
Potencia Máxima (kVA)	5,0
Velocidad Nominal (rpm./min)	3000
Factor potencia (cos ϕ)	1
Número de polos	2
AVR	Si
Tipo de Panel	Panel digital
ATS	Opcional
Conexión ATS	Si
Alternador	KT-5
Grado de aislamiento	B
Estructura	Insonorizado
Capacidad depósito combustible (L)	15
Consumo L/H (carga 75% / 50% / 25%)	1,60/1,07/0,53
Autonomía Horas (carga 75% / 50% / 25%)	9/14,1/28,2
Nivel Ruido (dBA/7m)	70 -75
Peso Neto (kg)	170
Medidas (mm.) (LxWxH)	930x535x742
Sistema de Arranque	Eléctrico
Combustible	Diesel
Aceite Lubricante	10W30 / 15W40
Modelo Motor	KM186FAGET
Tipo Motor	4 T, 1 cilindro, ref. por aire, diesel
Diámetro x Carrera	86x72
Cilindrada (cc)	418
Compresión	19:1
Potencia Nominal KW (r/min)	5,7/3000 6,3/3600

Annex VI. Comptador

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS SMART METER

/ Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



/ El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador SO. Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

FRONIUS SMART METER

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER G3A-3	FRONIUS SMART METER 50kA-3 ¹⁾	FRONIUS SMART METER G3A-1
Tensión nominal	400 - 415 V	400 - 415 V	230 - 240 V
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50.000 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 - 16 mm ²	0,05 - 4 mm ²	1 - 16 mm ²
Sección de cable de comunicación y neutro		0,05 - 4 mm ²	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inrush		40 mA	
Clase de precisión		1	
Precisión de energía activa		Clase B (EN50470)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN/IEC 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración		30 x I _{max} / 0,5 s	
Montaje		Interior (Carri DIN)	
Carcasa (anchura)	4 módulos DIN 43880	4 módulos DIN 43880	2 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 - +55°C	
Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad)	89 x 71,2 x 65,6	89 x 71,2 x 65,6	89 x 35 x 65,6
Interfaz para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display	8 dígitos LCD	8 dígitos LCD	6 dígitos LCD

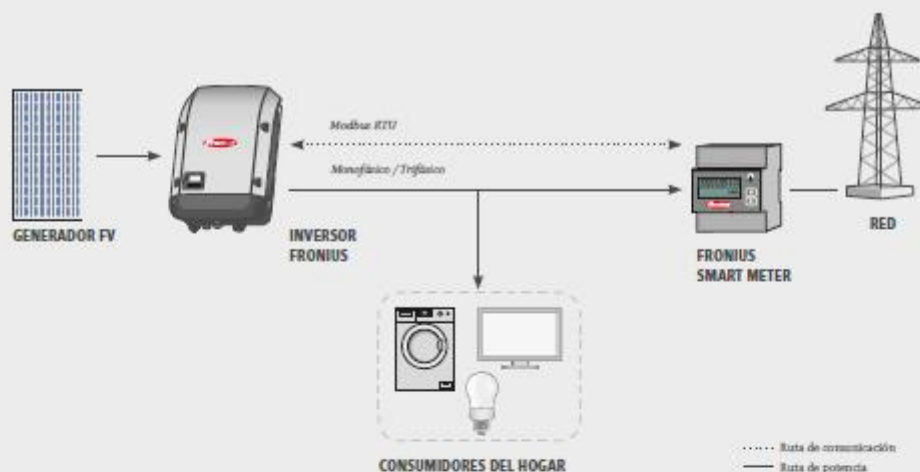
¹⁾ Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en www.fronius.es.

VENTAJAS

- / Limitación de potencia remota rápida y precisa
- / Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar
- / Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package



ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



/ El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). El Fronius Smart Meter funciona en paralelo con el Datamanager 2.0 para los inversores Fronius IG Plus. El Fronius Smart Meter puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

¹⁾ No es posible reducir la potencia del inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 SS

Fronius España S.L.U.
Parque Empresarial LA CARPETANIA
Miguel Faraday 2
28906 Getafe (Madrid)
España
Teléfono +34 91 649 60 40
Fax +34 91 649 60 44
pv-sales-spain@fronius.com
www.fronius.es

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
Teléfono +43 7242 241-0
Fax +43 7242 241-953940
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com